

DOCKET NO.: 212190US2PCT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Keiichi TANAKA

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HEREWITH

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP00/00558

INTERNATIONAL FILING DATE: February 2, 2000

FOR: PLANAR MOTOR UNIT AND DRIVING METHOD THEREOF, STAGE UNIT AND DRIVING METHOD THEREOF, EXPOSURE APPARATUS AND EXPOSING METHOD, AND DEVICE AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

*H.S. Priddy
PCT/JP00/00558*

REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NO</u>	<u>DAY/MONTH/YEAR</u>
Japan	11/26840	04 February 1999

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. **PCT/JP00/00558**. Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

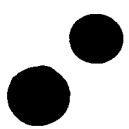
Marvin J. Spivak

Marvin J. Spivak
Attorney of Record
Registration No. 24,913
Surinder Sachar
Registration No. 34,423



22850

(703) 413-3000
Fax No. (703) 413-2220
(OSMMN 1/97)



4
日 本 国 特 許 庁 02.02.00PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

5000/558
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

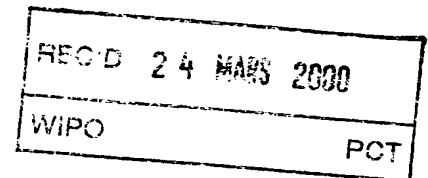
1999年 2月 4日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第026840号

出 願 人
Applicant (s):

株式会社ニコン



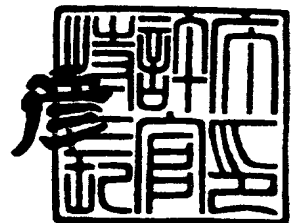
097890934

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 3月10日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特2000-3013991

【書類名】 特許願

【整理番号】 98-01640

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社 ニコ
 ン内

 【氏名】 田中 慶一

【特許出願人】

 【識別番号】 000004112

 【氏名又は名称】 株式会社 ニコン

【代理人】

 【識別番号】 100102901

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 立石 篤司

 【電話番号】 03-3354-4251

【選任した代理人】

 【識別番号】 100099793

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 川北 喜十郎

 【電話番号】 03-5362-3180

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 053132

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ステージ装置、露光装置、及び露光方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 移動面に沿って移動するステージと；

前記ステージに設けられ、磁極ユニットを有する可動子と、電機子コイルを有する固定子とを備え、前記ステージを電磁力により駆動する駆動装置と；

前記電機子コイルのインダクタンスを測定するインダクタンス測定器と；

前記インダクタンス測定器による測定結果に基づき、前記電機子コイルに供給する電流を制御する制御装置とを備えることを特徴とするステージ装置。

【請求項 2】 前記磁極ユニットは、前記移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の磁石を有することを特徴とする請求項 1 に記載のステージ装置。

【請求項 3】 前記ステージが非磁性体材料から成り、

前記磁極ユニットは、磁性体材料から成り、前記複数の磁石を支持する磁石支持部材を有することを特徴とする請求項 2 に記載のステージ装置。

【請求項 4】 前記磁極ユニットは、前記移動面と直交しない方向に磁化された複数の磁石を有することを特徴とする請求項 1 に記載のステージ装置。

【請求項 5】 前記固定子は、磁性体材料から成り、前記複数の電機子コイルを支持するコイル支持部材を有することを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載のステージ装置。

【請求項 6】 前記ステージの位置を検出する位置検出装置を備え、

前記制御装置は、前記位置検出装置による検出結果及び前記インダクタンス測定器による測定結果の少なくとも一方に基づいて、前記複数の電機子コイルそれぞれに供給する電流を制御することを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載のステージ装置。

【請求項 7】 前記制御装置は、

前記位置検出装置によって前記ステージの位置が検出可能な場合には、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、前記複数の電機子コイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージの位置制御を行い、

前記位置検出装置によって前記ステージの位置が検出不可能な場合には、前記

インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、前記複数の電機子コイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージの位置制御を行うことを特徴とする請求項 6 に記載のステージ装置。

【請求項 8】 露光用のエネルギービームを射出するビーム源と；

前記エネルギービームの経路に配置される物体を載置する請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載のステージ装置とを備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 9】 前記物体は、前記エネルギービームによって露光され、所定のパターンが転写される基板であることを特徴とする請求項 8 に記載の露光装置。

【請求項 1 0】 前記ステージ装置は、請求項 7 に記載のステージ装置であり、前記制御装置は、露光に際し、前記位置検出装置によって前記ステージの位置が検出不可な原因が前記位置検出装置の位置検出可能範囲から前記ステージの状態が逸脱したことであると判断した場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、前記位置検出装置の位置検出可能範囲に前記ステージの状態を修正することを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の露光装置。

【請求項 1 1】 前記制御装置は、前記ステージの状態の修正の後に、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、露光用の前記ステージの位置制御を継続することを特徴とする請求項 1 0 に記載の露光装置。

【請求項 1 2】 前記制御装置は、前記ステージの状態の修正の後に、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、前記ステージを初期位置へ移動させる位置制御を行うことを特徴とする請求項 1 0 に記載の露光装置。

【請求項 1 3】 前記ステージ装置は、請求項 7 に記載のステージ装置であり、前記制御装置は、露光に際し、前記位置検出装置によって前記ステージの位置が検出不可な場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、露光用の前記ステージの位置制御を行うことを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の露光装置。

【請求項 1 4】 露光用のエネルギービームの経路に物体を配置し、

前記所定のパターンの転写に際して、電機子コイルを有する固定子と、可動子とを協働させて前記物体を移動させ、

前記電機子コイルのインダクタンスの測定結果に基づいて、前記物体の位置を

制御することを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ステージ装置、露光装置、及び露光方法に係り、さらに詳しくは、ステージの位置・姿勢を高精度に制御するステージ装置、該ステージ装置によってステージ上に載置された物体の位置制御を行いつつ露光を行う露光装置及び露光方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「感応基板又はウエハ」という）上に転写する露光装置が用いられている。こうした露光装置としては、いわゆるステッパ等の静止露光型の投影露光装置や、いわゆるスキャニング・ステッパ等の走査露光型の投影露光装置が主として用いられている。これらの種類の投影露光装置では、レチクルに形成されたパターンをウエハ上の複数のショット領域に順次転写する必要から、ウエハを保持して2次元移動可能なステージ装置が設けられている。

【0003】

かかるステージ装置には、高精度露光のために高精度の位置制御性が求められており、また、露光動作のスループット向上のために高速の位置制御性が求められている。これに応じて、近年では、ウエハをより高速に、機械的な案内面の精度等に影響されず高精度に位置制御を行うとともに、機械的な摩擦を回避して長寿命とするために、ウエハが載置されたテーブルを非接触で2次元方向に駆動することにより、ウエハを位置制御するステージ装置が開発されている。かかる非接触駆動のステージ装置の駆動源としては、可変磁気抵抗駆動方式のリニアパルスモータを2軸分結合させた構造の平面モータを用いたステージ装置や、例えば特開昭58-175020号公報、米国特許（USP）第5196745号公報

等を開示されているような電磁力駆動方式を採用した駆動装置としての平面モータを用いたステージ装置が提案されている。

【0004】

電磁力駆動方式はローレンツ力に基づく理論的設計が容易であり、高帯域まで電流と推力との線形性が良く、かつ無鉄心の場合には推力むらも少ないため、制御性に優れている利点があったが、可変磁気抵抗駆動方式並みの駆動力を得ることが従来は困難であった。しかし、最近における永久磁石の高性能化は目覚しく、エネルギー積が40 MGOe以上の永久磁石が市場に出始めてきており、電磁力駆動方式が脚光を集めている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

以上のように高駆動力化が可能となった電磁力駆動方式の平面モータは、磁石を有する磁極ユニットと電機子コイルを有する電極ユニットとを備えており、磁極ユニットが発生する空間的に周期的な交番磁界に対向する電機子ユニットの電機子コイルに電流を供給することにより、電磁相互作用による駆動力を発生している。かかる電機子ユニットへの電流の供給にあたっては、電機子ユニットと磁極ユニットとの位置関係に応じて、例えば多相の正弦波状の電流を電機子コイルに供給することによって、電機子ユニットと磁極ユニットとの相対位置及び相対速度の制御を実現している。したがって、電機子ユニットと磁極ユニットとの相対位置関係の検出は欠かせなく、移動面に沿った並進移動（X方向及びY方向移動）に加えて、移動面の直交軸（Z軸）回りの回転（ θ ）すなわち姿勢も制御するためには、少なくとも3つの位置検出手段が必要である。

【0006】

かかる位置検出手段として、露光装置においては、例えば非接触で高分解能を得ことができる複数のレーザ干渉計を含むレーザ干渉計システムが用いられている。レーザ干渉計は、固定側に設置され可動側であるステージに搭載された移動鏡にレーザを照射し反射した光を検出することで位置を演算するものである。したがって、ステージの位置X、Y、姿勢 θ は高い分解能で検出可能である。しかし、レーザ干渉計では、レーザ光の射出位置と反射光の受光位置とが固定されて

いるため、その反射光検出限界により検出できるステージの姿勢角が制限されるので、何らかの誤動作や外乱によりステージの姿勢が大きく変動した場合には、ステージの位置及び姿勢が検出不能となり、ステージの位置制御（姿勢制御を含む）を中断せざるを得ず、かつ、ステージの位置制御の再開のために人手の介入が必要であった。

【0007】

本発明は、かかる事情のもとでなされたものであり、その第1の目的は、ステージの姿勢の変動量に拘わらず、ステージの位置及び姿勢を検出可能なステージ装置を提供することにある。

【0008】

また、本発明の第2の目的は、ステージの姿勢の変動量に拘わらず、ステージの位置及び姿勢を検出しつつ、露光動作のためにステージの位置制御が可能な露光装置及び露光方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明のステージ装置は、移動面に沿って移動するステージ（18）と；前記ステージに設けられ、磁極ユニットを有する可動子（51）と、電機子コイル（63）を有する固定子（60）とを備え、前記ステージを電磁力により駆動する駆動装置（50）と；前記電機子コイルのインダクタンスを測定するインダクタンス測定器（59）と；前記インダクタンス測定器による測定結果に基づき、前記電機子コイルに供給する電流を制御する制御装置（20，19）とを備えることを特徴とする。

【0010】

これによれば、何らかの誤動作や外乱によりステージの姿勢が大きく変動した場合にもステージの姿勢に拘わらず、固定子を構成する電機子コイルと磁極ユニットとの位置関係に応じて変化する電機子コイルのインダクタンスをインダクタンス測定器によって測定し、その測定結果から得られるインダクタンス分布に基づいてステージの位置及び姿勢を検出することができ、その検出結果に基づいてステージの位置制御を行うことができる。

【 0 0 1 1 】

本発明のステージ装置では、前記磁極ユニットが、前記移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の磁石（5 2 N， 5 2 S， 5 3 N， 5 4 N， 5 4 S）を有する構成とすることができる。更に、前記ステージが非磁性体材料から成り、前記磁極ユニットが、磁性体材料から成り、前記複数の磁石を支持する磁石支持部材（5 9）を有する構成とすることができる。かかる場合には、磁気回路が磁性体材料から成る磁石支持部材を介して構成されるので、安定した磁気回路が構成できるとともに、磁石支持部材と電機子コイルとの位置関係に応じて電機子コイルのインダクタンスが大きく変化するので、インダクタンス分布に基づくステージの位置及び姿勢の検出が容易となる。

【 0 0 1 2 】

また、本発明のステージ装置では、前記磁極ユニットが、前記移動面と直交しない方向に磁化された複数の磁石（5 2 A N， 5 2 A S， 5 3 A N， 5 4 A N， 5 4 A S， 5 5， 5 6）を有する構成とすることができる。かかる場合には、安定した磁気回路の構成のために磁性体部材が不要となるので、可動子の軽量化を図ることができる。

【 0 0 1 3 】

また、本発明のステージ装置では、前記固定子が、磁性体材料から成り、前記複数の電機子コイルを支持するコイル支持部材（6 2）を有する構成とすることができる。かかる場合には、磁気回路が磁性体材料から成るコイル支持部材を介して構成されるので、安定した磁気回路が構成できるとともに、磁極ユニットと電機子コイルとの位置関係に応じて電機子コイルのインダクタンスが大きく変化する所以、インダクタンス分布に基づくステージの位置及び姿勢の検出が容易となる。

【 0 0 1 4 】

また、本発明のステージ装置では、前記ステージの位置を検出する位置検出装置（3 1）を備え、前記制御装置は、前記位置検出装置による検出結果及び前記インダクタンス測定器による測定結果の少なくとも一方に基づいて、前記複数の電機子コイルそれぞれに供給する電流を制御する構成とすることができる。かか

る場合には、例えば、前記制御装置が、前記位置検出装置によって前記ステージの位置が検出可能な場合には、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、前記複数の電機子コイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージの位置制御（姿勢制御を含む）を行い、前記位置検出装置によって前記ステージの位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、前記複数の電機子コイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージの位置制御を行うことにすることができる。

【0015】

本発明の露光装置は、露光用のエネルギービームを射出するビーム源（10）と；前記エネルギービームの経路に配置される物体（W）を載置する本発明のステージ装置（30）とを備えることを特徴とする。

【0016】

これによれば、エネルギービームの経路に配置される物体を本発明のステージ装置に載置するので、該ステージ装置のステージの姿勢が大きく変動したときでも、ステージの位置及び姿勢を検出することができる。したがって、検出されたステージの位置及び姿勢に基づいてステージの位置制御すなわち物体の位置制御を中断する必要がなくなり、露光動作のスループットを向上することができる。

【0017】

本発明の露光装置では、前記物体を、前記エネルギービームによって露光され、所定のパターンが転写される基板（W）とすることができる。かかる場合には、基板の姿勢に拘わらず、基板の位置制御を継続して行うことができる。

【0018】

また、本発明の露光装置では、ステージ装置が、前記ステージの位置を検出する位置検出装置を備え、前記制御装置が、前記位置検出装置による検出結果及び前記インダクタンス測定器による測定結果の少なくとも一方に基づいて、前記複数の電機子コイルそれぞれに供給する電流を制御する場合には、前記制御装置が、露光に際し、前記位置検出装置によって前記ステージの位置が検出不可能な原因が前記位置検出装置の位置検出可能範囲から前記ステージの状態が逸脱したことであると判断した場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づ

いて、前記位置検出装置の位置検出可能範囲に前記ステージの状態を修正することとすることができる。かかる場合には、通常は、レーザ干渉計システム等の精度の良い位置検出装置でステージの位置及び姿勢を検出してステージの位置制御を行う。そして、例えば姿勢の大きな変動が発生して、位置検出装置による位置検出が不可能となった場合に、インダクタンス測定器による電機子ユニットのインダクタンス分布の測定結果に基づいてステージの位置及び姿勢を検出してステージの位置制御を行って、ステージの位置及び姿勢を位置検出装置にとって位置検出可能な範囲に修正する。この修正の後には、再び位置検出装置でステージの位置及び姿勢を検出してステージの位置制御を行う。したがって、ステージの位置制御を継続的に行うことができる。

【 0 0 1 9 】

このとき、前記制御装置は、前記ステージの状態の修正の後に、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、露光用の前記ステージの位置制御を継続することも可能である。また、前記制御装置は、前記ステージの状態の修正の後に、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、前記ステージを初期位置へ移動させる位置制御を行うことも可能である。

【 0 0 2 0 】

また、本発明の露光装置では、ステージ装置が、前記ステージの位置を検出する位置検出装置を備え、前記制御装置が、前記位置検出装置による検出結果及び前記インダクタンス測定器による測定結果の少なくとも一方に基づいて、前記複数の電機子コイルそれぞれに供給する電流を制御する場合には、前記制御装置が、露光に際し、前記位置検出装置によって前記ステージの位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、露光用の前記ステージの位置制御を行うこととすることができる。かかる場合には、位置検出装置が故障等してステージの位置検出が不可能となった場合に、インダクタンス測定器による電機子ユニットのインダクタンス分布の測定結果に基づいてステージの位置及び姿勢を検出してステージの位置制御を継続することができる。

【 0 0 2 1 】

本発明の露光方法は、露光用のエネルギービームの経路に物体（W）を配置し、

前記所定のパターンの露光に際して、電機子コイルを有する固定子と、可動子により前記物体を移動させ、前記電機子コイルのインダクタンスの測定結果に基づいて、前記物体の位置を制御することを特徴とする。

【0022】

これによれば、電機子コイルのインダクタンスの測定結果に基づいて物体の位置を制御するので、可動子の姿勢が大きく変動した場合でも可動子ひいては物体の位置制御を継続することができるので、露光動作のスループットを向上することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図1～図13に基づいて説明する。図1には、一実施形態に係る露光装置100の全体的な構成が概略的に示されている。この露光装置100は、いわゆるステップ・アンド・スキャン露光方式の走査型露光装置である。

【0024】

この露光装置100は、照明系10、レチクルRを保持するレチクルステージRST、投影光学系PL、基板としてのウエハWをXY平面内でXY2次元方向に駆動するステージ装置としての基板ステージ装置30、及びこれらの制御系等を備えている。

【0025】

前記照明系10は、例えば特開平9-32956号公報に開示されたように、光源ユニット、シャッタ、2次光源形成光学系、ビームスプリッタ、集光レンズ系、レチクルブラインド、及び結像レンズ系等（いずれも不図示）から構成され、図1のミラーMへ向けて照度分布のほぼ均一な露光用照明光を射出する。そして、この照明光がミラー7によってその光路が鉛直下方に折り曲げられ、レチクルR上の矩形（あるいは円弧状）の照明領域IAR（図13参照）を均一な照度で照明する。

【0026】

前記レチクルステージRST上にはレチクルRが、例えば真空吸着により固定

されている。レチクルステージ R S T は、不図示のレチクルベース上を、ローレンツ力又はリアクタンス力を用いた磁気浮上型のリニアモータ等で構成された 2 次元アクチュエータから成る不図示のレチクルステージ駆動部によって、レチクル R の位置制御のため、照明光学系 1 0 の光軸 I X（後述する投影光学系 P L の光軸 A X に一致）に垂直な X Y 平面内で微少駆動可能であるとともに、所定の走査方向（ここでは Y 方向とする）に指定された走査速度で駆動可能となっている。さらに、本実施形態では、上記磁気浮上型の 2 次元リニアアクチュエータは X 駆動用コイル、Y 駆動用コイルの他に Z 駆動用コイルを含んでいるため、Z 方向にも微小駆動可能となっている。

【 0 0 2 7 】

レチクルステージ R S T 上にはレチクルステージ R S T（レチクル R）の位置検出装置であるレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）1 6 からのレーザビームを反射する移動鏡 1 5 が固定されており、レチクルステージ R S T のステージ移動面内の位置はレチクル干渉計 1 6 によって、例えば 0. 5 ～ 1 n m 程度の分解能で常時検出される。

【 0 0 2 8 】

レチクル干渉計 1 6 からのレチクルステージ R S T の位置情報はステージ制御系 1 9 及びこれを介して主制御装置 2 0 に送られ、ステージ制御系 1 9 では主制御装置 2 0 からの指示に応じてレチクルステージ R S T の位置情報に基づいてレチクル駆動部（図示省略）を介してレチクルステージ R S T を駆動する。

【 0 0 2 9 】

前記投影光学系 P L は、レチクルステージ R S T の図 1 における下方に配置され、その光軸 A X（照明光学系の光軸 I X に一致）の方向が Z 軸方向とされ、ここでは両側テレセントリックな光学配置となるように光軸 A X 方向に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメントから成る屈折光学系が使用されている。この投影光学系 P L は所定の投影倍率、例えば 1 / 5（あるいは 1 / 4）を有する縮小光学系である。このため、照明系 1 0 からの照明光によってレチクル R の照明領域 I A R が照明されると、このレチクル R を通過した照明光により、投影光学系 P L を介してレチクル R の照明領域 I A R 内の回路パターンの縮小像

(部分倒立像)が表面にフォトレジストが塗布されたウエハW上の照明領域 I A R に共役な露光領域 I A (図 13 参照)に形成される。

【0030】

前記基板ステージ装置 30 は、ベース 21 と、このベース 21 の上面の上方に数 μm 程度のクリアランスを介して後述するエアスライダにより浮上支持されたステージとしての基板テーブル 18 と、この基板テーブル 18 を X Y 面内で 2 次元方向に駆動する駆動装置 50 とを備えている。駆動装置 50 としては、ここでは、ベース 21 の上部に設けられた(埋め込まれた)固定子 60 と、基板テーブル 18 の底部(ベース対向面側)に固定された可動子 51 とから成る平面モータが使用されている。また、可動子 51 とベース 21 と固定子 60 とによって平面モータ装置が構成されている。以下の説明においては、上記の駆動装置 50 を、便宜上、平面モータ 50 と呼ぶものとする。

【0031】

前記基板テーブル 18 上に、ウエハWが例えば真空吸着によって固定されている。また、この基板テーブル 18 上には基板テーブル 18 (ウエハW)の位置検出装置であるウエハレーザ干渉計(以下「ウエハ干渉計」という)31からのレーザビームを反射する移動鏡 27 が固定され、外部に配置された前記ウエハ干渉計 31 により、基板テーブル 18 の X Y 面内での位置及び Z 軸回りの回転すなわち姿勢 θ が、例えば X Y 面内での位置について 0.5 ~ 1 nm 程度の分解能で常時検出されている。ここで、実際には、図 2 に示されるように、基板テーブル 18 上には走査方向である Y 軸方向に直交する反射面を有する移動鏡 27 Y と非走査方向である X 軸方向に直交する反射面を有する移動鏡 27 X とが設けられ、また、図 9 に示されるようにウエハ干渉計 31 は走査方向に 1 軸のウエハ干渉計 31 Y が、非走査方向には 2 軸のウエハ干渉計 31 X1, 31 X2 が設けられているが、図 1 ではこれらが代表的に移動鏡 27、ウエハ干渉計 31 として示されている。基板テーブル 18 の位置情報(又は速度情報)はステージ制御系 19 及びこれを介して主制御装置 20 に送られ、ステージ制御系 19 では主制御装置 20 からの指示に応じて前記位置情報(又は速度情報)に基づいて平面モータ 50 を介して基板テーブル 18 の X Y 面内の移動を制御する。

【0032】

図3 (A) には可動子51の底面図（-Z方向からの平面図）が、図3 (B) には可動子51の+Y方向からの側面図が、また、図3 (C) には可動子51の図3 (A) におけるA-A断面図が示されている。これらの図に示される可動子51は、永久磁石52N、52S、53N、54N、及び54Sが平面視でマトリクス状となるように、磁石保持部材としての平板状の磁性体部材59の固定子60との対向面（可動子51に底面）上に配列されており、可動子51によって磁極ユニットが構成されている。以下の説明においては、この可動子51を、便宜上、磁極ユニット51とも呼ぶものとする。ここで、永久磁石52N、53N、54Nは、固定子60との対向面がN極面となる磁石であり、また、永久磁石52S、54Sは、固定子60との対向面がS極面となる磁石である。なお、図2においては、永久磁石52N、52S、53N、54N、及び54Sを磁石群58として表している。

【0033】

前記永久磁石52N、52Sは、後述する電機子コイル63のXY面と平行な断面の外形の形状である正方形の一辺の長さをPとして、一辺が $P/3$ のほぼ正方形の磁極面を有し、永久磁石52N、52Sは、磁性体部材59の磁石配列面の中央部に交互に配列されている。また、前記永久磁石53Nは、一辺が $P/6$ のほぼ正方形の磁極面を有し、磁性体部材59の磁石配列面の四隅部に配列されている。また、永久磁石54N、54Sは、長辺が $P/3$ 及び短辺が $P/6$ のほぼ長方形の磁極面を有し、磁性体部材59の磁石配列面の四隅部を除く四辺部に配列されている。そして、永久磁石52N、52S、53N、54N、及び54Sの配列にあたっては、X方向又はY方向で隣り合う永久磁石の固定子60に対向する磁極面は互いに逆の極性とされており、X方向又はY方向で隣り合う永久磁石の間隔は $P/3$ とされている。

【0034】

かかる磁極ユニット51には不図示のエアスライダが一体化されており、更に磁極ユニット51の図1における上面に不図示の支持機構を介して基板テーブル18が設けられている。前記エアスライダでは、接続された空気チューブを介し

て不図示の空気ポンプから供給される加圧空気がベース 21 の上面に向かって吹き出され、ベース 21 の上面と磁極ユニット 51 との間の空気層静圧（いわゆる隙間内圧力）により磁極ユニット 51 を含んで基板テーブル 18 が非接触で浮上支持される。

【0035】

前記固定子 60 を含む前記ベース 21 は、その概略縦断面図である図 4 に示されるように、上面が開口した 2 段の段付凹部が形成された平面視で矩形の容器 69 と、この容器 69 の下方の段部に上方から結合し、高さ方向の中央部に架設された磁性体材料から成るコイル支持部材としての平板状の磁性体部材 62 と、上部開口を閉塞する状態で一体的に取り付けられたセラミック等の非磁性非電導体材料からなる平板状部材 68 とを備えている。

【0036】

前記磁性体部材 62 の上面には、図 4 に示されるように、複数の電機子コイル 63 が配置されている。これらの複数の電機子コイル 63 によって電機子ユニットとしての平板状コイル群 61 が構成され、この平板状コイル群 61 と前記磁性体部材 62 とによって、前述した平面モータ 50 の固定子 60 が構成されている。前記平板状コイル群 61 を構成する電機子コイル 63 の配置等については後述する。

【0037】

なお、電機子コイル 63 への電流供給による電機子コイル 63 の発熱に伴う電機子コイル 63、その周辺部材の温度上昇や、電機子コイル 63 の周辺雰囲気の揺らぎを防止するため、本実施形態では電機子コイル 63 の冷却を行っている。かかる冷却は、前記平板状部材 68 と容器 69 と磁性体部材 62 とで囲まれる閉空間を、平板状コイル群 61 の電機子コイル 63 を冷却するための冷却液（冷媒）の通路とすることにより行われている。すなわち、前記閉空間の一側には、不図示の流入口が設けられ、他側には不図示の流出口（排出口）が設けられ、不図示の冷却制御機から冷却液（例えば、水又はフロリナート（商品名））が流入口を介して閉空間に送り込まれ、該閉空間内部を通過するときに平板状コイル群 61 との間で熱交換を行い、平板状コイル群 61 で発生した熱を吸収して高温とな

った冷却液が流出口を介して外部に排出されるようになっている。

【 0 0 3 8 】

前記平板状コイル群 6 1 は、図 5 (A) に示されるように、マトリクス状に配列された複数の電機子コイル 6 3 から構成されている。なお、以下の説明においては、電機子コイル 6 3 の個々を区別するときには、電機子コイル 6 3 (i , j) と表記し、総称するときには電機子コイル 6 3 と表記する。電機子コイル 6 3 は、図 5 (B) に示されるように、一辺の長さが P の正形状の底面 (X Y 平面と平行な面) を有し、Z 軸と平行な中心軸 C X 付近で Z 方向に貫通する中空部を有する角柱状に構成されている。この中空部の断面形状は、一辺の長さが $P/3$ の正形状となっている。この電機子コイル 6 3 には、端子 6 4 a 及び端子 6 4 b を介して、電流駆動装置 2 2 から電流が供給される。そして、供給された電流は、中心軸 C X の周りをほぼ一様な電流密度 (体積密度) で流れる。なお、電機子コイル 6 3 に流れる電流の電流値及び電流方向は、ステージ制御系 1 9 によって電流駆動装置 2 2 を介して制御される。

【 0 0 3 9 】

また、図 1 の装置 1 0 0 では、基板テーブル 1 8 上に、不図示のオフアクシス方式のアライメント検出系の検出中心から投影光学系 P L の光軸までの距離を計測するベースライン計測等のための各種基準マークが形成された不図示の基準マーク板が固定されている。

【 0 0 4 0 】

更に、図 1 の装置 1 0 0 には、ウェハ W 表面の前記露光領域 I A 内部分及びその近傍の領域の Z 方向 (光軸 A X 方向) の位置を検出するための斜入射光式のフォーカス検出系 (焦点検出系) の一つである不図示の多点フォーカス位置検出系が設けられている。この多点フォーカス位置検出系は、照射光学系と受光光学系 (いずれも不図示) とから構成されている。この多点フォーカス位置検出系の詳細な構成等については、例えば特開平 6 - 2 8 3 4 0 3 号公報に開示されている。

【 0 0 4 1 】

図 1 に戻り、本実施形態の露光装置 1 0 0 は、全ての電機子コイル 6 3 (i ,

j) のインダクタンスを測定するインダクタンス測定器 80 を備えている。このインダクタンス測定器 80 は、図 6 に示されるように、各電機子コイル 63 (i, j) に応じてインダクタンス測定回路 IND (i, j) を備えており、各インダクタンス測定回路 IND (i, j) は、受信回路 RCV とインダクタンス検出回路 IDC とを有している。

【0042】

図 6 には、更に、電流駆動装置 22 の回路構成及び電機子コイル 63 (i, j) の等価回路が示されている。すなわち、電流駆動装置 22 は、高周波交流電源 APS と各電機子コイル 63 (i, j) に応じて電流駆動回路 IDV (i, j) とを備えており、各電流駆動回路 IDV (i, j) は、スイッチ回路 SW と、加算器 ADD と、ドライブ回路 DRV とを有している。

【0043】

ここで、スイッチ回路 SW は、ステージ制御系 19 からのスイッチ制御信号 SC (i, j) (図 1 では、単に「SC」と表記している) に応じて開閉し、高周波交流電源 APS からの出力信号を加算器 ADD に供給するか否かを制御している。また、加算器 ADD は、スイッチ回路 SW の出力信号とステージ制御系 19 からの駆動用電流指示信号 SID (i, j) (図 1 では、単に「SID」と表記している) との加算結果を算出する。この加算結果に応じた電流 ID (i, j) (図 1 では、単に「ID」と表記している) がドライブ回路 DRV を介して電機子コイル 63 (i, j) に供給される。なお、高周波交流電源 APS が出力する信号の角周波数 ω_H は、基板テーブル 18 の駆動に実質的に寄与しない程度の高い角周波数に設定されている。

【0044】

また、図 6 に示されるように、電機子コイル 63 (i, j) は、内部抵抗 R (i, j) とインダクタンス L (i, j) とが直列接続された等価回路とみなすことができる。

【0045】

ここで、電機子コイル 63 (i, j) へのステージ駆動用電流の供給と、電機子コイル 63 (i, j) のインダクタンス測定における、図 6 の各部の作用を説

明する。

【0046】

インダクタンス測定を行わないとき、ステージ制御系19は、スイッチ制御信号SC(i, j)によってスイッチ回路SWをオフとする。この状態で、電機子コイル63(i, j)へのステージ駆動用電流の供給にあたって、ステージ制御系19からの駆動用電流指示信号SID(i, j)が供給されると、駆動用電流指示信号SID(i, j)は加算器ADDを介してドライブ回路DRVに入力する。そして、ドライブ回路DRVは、駆動用電流指示信号SID(i, j)に応じた電流ID(i, j)を電機子コイルに供給する。

【0047】

一方、インダクタンス測定を行うとき、ステージ制御系19は、スイッチ制御信号SC(i, j)によってスイッチ回路SWをオンとする。この結果、加算器ADDには高周波交流電源APSからの出力信号が入力し、加算器ADDからは、駆動用電流指示信号SID(i, j)に高周波交流電源APSからの出力信号が重畳された信号が出力される。そして、ドライブ回路DRVは、加算器ADDの出力信号に応じた電流を電機子コイル63(i, j)に供給する。ここで、高周波交流電源APSが出力する信号の角周波数 ω_H は十分に高いので、ステージの駆動に寄与することはない。

【0048】

ここで、高周波交流電源APSが出力する信号SIPを、

$$SIP = B \cdot \sin(\omega_H \cdot t) \quad \dots (1)$$

とすると、信号SIPに応じて、電機子コイル63(i, j)に供給される電流IDPは、

$$IDP = C \cdot \sin(\omega_H \cdot t) \quad \dots (2)$$

となる。なお、B及びCは定数であり、tは時間を示す。

【0049】

このとき、電流IDP(i, j)の供給によって、電機子コイル63(i, j)の電流供給端子64a、64b間に現れる電圧VDP(i, j)は、

$$VDP(i, j) = C \cdot R(i, j) \cdot \sin(\omega_H \cdot t)$$

$$+C \cdot L(i, j) \cdot \omega_H \cdot \cos(\omega_H \cdot t) \quad \cdots (3)$$

となる。

【0050】

実際に電機子コイル63(i, j)の電流供給端子64a、64b間に現れる電圧VD(i, j)(図1では、単に「VD」と表記している)は、(2)式のVDP(i, j)に、駆動用電流指示信号SID(i, j)に応じた供給電流に伴う発生電圧が加わったものであるが、角周波数が ω_H 付近の電圧成分は、VDP(i, j)以外には無い。なお、駆動用電流指示信号SID(i, j)が、駆動用電流が零であることを指示する場合には、実際に電機子コイル63(i, j)の電流供給端子64a、64b間に現れる電圧VD(i, j)とVDP(i, j)とは一致することになる。

【0051】

かかる電圧VD(i, j)は、図6に示されるように、インダクタンス測定回路IND(i, j)の受信回路RCVに供給され、該受信回路RCVから出力された電圧VD(i, j)に応じた信号がインダクタンス検出回路IDCに入力する。

【0052】

インダクタンス検出回路IDCでは、まず、入力した信号を周波数弁別する(例えば、ハイパスフィルタを介させる)ことによって、電圧VDP(i, j)に応じた信号成分SDPを取り出す。この信号成分SDP(i, j)は、

$$\begin{aligned} \text{SDP}(i, j) = & D \cdot R(i, j) \cdot \sin(\omega_H \cdot t) \\ & + D \cdot L(i, j) \cdot \omega_H \cdot \cos(\omega_H \cdot t) \quad \cdots (4) \end{aligned}$$

となっている。ここで、Dは既知の定数である。

【0053】

次に、インダクタンス検出回路IDCでは、電流駆動回路IDV(i, j)から供給された上記の信号SIPと同位相の成分を、信号成分SDP(i, j)から除去して、(4)式の右辺第2項(= $D \cdot L(i, j) \cdot \omega_H \cdot \cos(\omega_H \cdot t)$)を抽出した後、電機子コイル63(i, j)のインダクタンスL(i, j)を検出する。そして、その検出結果DI(i, j)(図1では、単に「DI」

と表記している)を、ステージ制御系19を介して主制御装置20に供給する。

【0054】

ところで、磁極ユニット51は、空気の透磁率 μ_0 よりもはるかに大きな透磁率 μ_M を有する磁性体部材59を備えているので、磁性体部材59と電機子コイル63(i, j)との位置関係に応じて、電機子コイル63(i, j)への供給電流Iにより電機子コイル63(i, j)の内部に発生する磁界Hに伴う磁束数 ϕ が変化する。例えば、図7(A)に示されるように、平面視で電機子コイル63(i, j)の中空部を覆う磁性体部材59の面積がSであるとき、磁束数 ϕ は、

$$\phi \doteq \mu_0 \cdot H \cdot S \cdot f(\mu_M) \quad \dots (5)$$

となる。ここで、 $f(\mu_M)$ は透磁率 μ_M の関数であり、透磁率 μ_M の値が大きい程、 $f(\mu_M)$ の値も大きい。勿論、電機子コイル63(i, j)の中空部の平面視で磁性体部材59に覆われていない部分にも磁束は存在するが、

$$f(\mu_M) \gg f(\mu_0) \quad \dots (6)$$

なので、磁束数 ϕ は(5)式に示す通りとなっている。

【0055】

また、一般に電機子コイル63(i, j)の起磁力Fは、コイル巻数N及び供給電流I、又は発生磁界H及び図7(B)に示される磁性体部材62と磁性体部材59との空隙間隔dによって、

$$F = N \cdot I = H \cdot d \quad \dots (7)$$

と表せる。なお、上述の浮上支持により、空隙間隔dはほぼ一定とされている。

【0056】

更に、電機子コイル63(i, j)のインダクタンスL(i, j)は、一般に、

$$L(i, j) = N \cdot \phi / I \quad \dots (8)$$

となるので、

$$L(i, j) \doteq \mu_0 \cdot N^2 \cdot S \cdot f(\mu_M) / d \quad \dots (9)$$

となる。すなわち、電機子コイル63(i, j)のインダクタンスL(i, j)は、平面視において磁性体部材59が電機子コイル63(i, j)の中空部を覆

う面積 S に比例した値と考えることができる。

【0057】

したがって、上述のようにして、電機子コイル 63 (i, j) のインダクタンス $L(i, j)$ を測定することにより、磁性体部材 59 と電機子コイル 63 (i, j) との位置関係に関する情報を求めることができる。これについては、更に後述する。

【0058】

次に、本実施形態におけるウエハ W の移動時における各部の作用について説明する。まず、本実施形態におけるウエハ W の移動、すなわち、平面モータ 50 における可動子である磁極ユニット 51 の駆動原理の概要を説明する。

【0059】

磁極ユニット 51 では、永久磁石 52 N 及び永久磁石 52 S が関る場合について代表的に示された図 8 (A) において実線矢印で示されるように、永久磁石 52 N, 53 N, 54 N が $-Z$ 方向 (紙面下向き) の磁束を発生し、永久磁石 52 S, 53 S, 54 S が $+Z$ 方向 (紙面下向き) の磁束を発生する。そして、磁性体部材 59 及び磁性体部材 62 と共に磁気回路を形成している。

【0060】

以下、永久磁石 52 N 及び永久磁石 52 S が関る磁気回路の場合を例にとって説明する。

【0061】

図 8 (A) に示された磁気回路が形成されているとき、磁性体部材 62 付近、すなわち平板状コイル群 61 が配置される Z 位置の磁束密度 B は、図 8 (B) に示されるような分布となる。すなわち、永久磁石 52 N, 52 S の中心点に応じた位置で磁束密度 B の絶対値が最大となり、この点から磁極面の周辺部に応じた位置へ行くほど磁束密度 B の絶対値は小さくなり、永久磁石 52 N の中心に応じた位置と永久磁石 52 S の中心に応じた位置との中点位置で磁束密度 B は零となる。また、磁束密度 B の分布は、永久磁石 52 N, 52 S 中心に応じた位置を中心として、 $\pm X$ 方向について対称となっている。すなわち、磁束密度 B の X 方向分布は、正弦関数によって良い近似が行われる形状となっている。なお、図 8 (

B) では、磁束の方向が+Z方向の場合に磁束密度Bの値を正とし、磁力線の方向が-Z方向の場合に磁束密度Bの値を負としている。また、図8(B)ではX方向に関する磁束密度Bの分布が示されているが、Y方向に関する磁束密度Bの分布も図8(B)の分布と同様となる。

【0062】

なお、本実施形態においては、磁性体部材の材料として、高電気抵抗、高飽和磁束密度、低磁気ヒステリシス、低保磁力のステンレス等を採用しているので、渦電流やヒステリシス損が小さく、磁気抵抗を小さく維持することが可能であり、磁極ユニット51が移動しても磁束密度の高い磁束を継続的に発生することができる。

【0063】

上記の図8(B)に示された分布の磁束密度Bの環境中において電機子コイル63に電流が供給されると、電機子コイル63にローレンツ電磁力が発生する。このローレンツ電磁力の反力が磁極ユニット51に作用し、基板テーブル18ひいてはウエハWを移動する。ところで、電機子コイル63に発生するローレンツ電磁力の大きさ及び方向は、電機子コイル63に供給される電流の大きさ及び方向並びに磁極ユニット51と平板状コイル群61との位置関係によって異なるが、本実施形態においては、X方向に基板テーブル18を移動させる場合には、磁極ユニット51のX位置に応じてX方向で隣り合う2つの電機子コイル63の対を選択し、各対の電機子コイル63について、磁極ユニット51と平板状コイル群61との位置関係に応じ、互いに位相が 90° だけ異なる同一振幅の正弦波電流を供給することにより、ローレンツ電磁力の合力のX成分を磁極ユニット51のX位置によらず一定に制御している。なお、磁極ユニット51をX方向へ駆動させようとして電流を流すと、一般には磁極ユニット51をY方向へ駆動する力及びZ軸回りの回転力が発生してしまう。そこで、磁極ユニット51をY方向に駆動する力及び回転力が全体として0となるように、各電機子コイル63に流す電流を調整している。また、各電機子コイルに供給される正弦波電流の振幅及び方向を制御することによって、磁極ユニット51を駆動する力の大きさ及び方向が制御されている。

【0064】

また、磁極ユニット51がY方向に移動する場合におけるY方向への磁極ユニット51の駆動についてもX方向の場合と同様にして、磁極ユニット51のY位置によらず一定の駆動力による駆動を行っている。

【0065】

また、上記の磁極ユニット51をX方向に駆動する場合の電流パターンとY方向に駆動する電流パターンとが適当な比率で重ね合わされたパターンの電流を各電機子コイル63に供給することにより、XY平面に沿った任意の方向に任意の駆動力で磁極ユニット51を駆動している。

【0066】

更に、回転力の相殺を行わずに、磁極ユニット51を駆動することにより、所望の回転方向及び所望の回転力で磁極ユニット51を回転駆動を行っている。

【0067】

以上のように、本実施形態の露光装置では、基板テーブル18のXY位置及び姿勢（Z軸回りの回転） θ に応じて電機子コイル63に供給する電流を制御することによって、基板テーブル18ひいてはウエハWの位置制御を行っている。

【0068】

次に、本実施形態におけるウエハWの位置制御動作の流れについて、図10のフローチャートを中心として、適宜他の図面を参照しながら説明する。

【0069】

本実施形態の装置100では、図9（A）に代表的に示されるように、ウエハ干渉計31X1、31X2、31Yから射出されたレーザビームの移動鏡27X、27Yによる反射光がウエハ干渉計31X1、31X2、31Yで受信できる、すなわちウエハ干渉計31X1、31X2、31Yによって基板テーブル18のXY位置及び姿勢 θ を検出可能な場合には、図10のステップ201aにおいて、主制御装置20がステージ制御系19及び電流駆動装置22を介して、ウエハ干渉計31X1、31X2、31Yによって検出された基板テーブル18のXY位置及び姿勢 θ に基づいて、基板テーブル18の位置制御を行う。なお、図10においては、ウエハ干渉計31X1、31X2、31Yを、総称して「ウエハ

干渉計 31」に記載している。

【0070】

次に、ステップ 201bにおいて、主制御装置 20 がステージ制御系 19 を介して、ウエハ干渉計 31X1, 31X2, 31Y による基板テーブル 18 の XY 位置及び姿勢 θ が検出可能か否かを判断する。

【0071】

ステップ 201bにおける判断が肯定的な場合には、ステップ 201cにおいて、主制御装置 20 が、露光動作が完了したか否かを判断する。ステップ 201cにおいて、露光動作が完了したと判断された場合には、主制御装置 20 による基板テーブル 18 の位置制御が終了する。一方、ステップ 201cにおいて、露光動作が完了していないと判断された場合には、ステップ 201aに戻り、主制御装置 20 がステージ制御系 19 及び電流駆動装置 22 を介して、ウエハ干渉計 31X1, 31X2, 31Y によって検出された基板テーブル 18 の XY 位置及び姿勢 θ に基づいて、基板テーブル 18 の位置制御を続行する。

【0072】

こうして、ウエハ干渉計 31X1, 31X2, 31Y による基板テーブル 18 の XY 位置及び姿勢 θ が検出可能な場合には、上記のステップ 201a～201c が繰り返して実行され、ウエハ干渉計 31X1, 31X2, 31Y によって検出された基板テーブル 18 の XY 位置及び姿勢 θ に基づく基板テーブル 18 の位置制御が行われる。

【0073】

一方、平面モータ 50 の誤動作や外乱等により基板テーブル 18 の姿勢 θ が大きく変動し、図 9 (B) に代表的に示されるように、ウエハ干渉計 31X1, 31X2, 31Y から射出されたレーザビームの移動鏡 27X, 27Y による反射光がウエハ干渉計 31X1, 31X2, 31Y で受信できない、すなわちウエハ干渉計 31X1, 31X2, 31Y によって基板テーブル 18 の XY 位置及び姿勢 θ を検出不可能となったときには、図 10 のステップ 201bにおいて、否定的な判断がなされ、処理がステップ 203 に移る。なお、ウエハ干渉計 31X1, 31X2, 31Y が故障した場合にも、図 10 のステップ 201bにおいて、

否定的な判断がなされ、ステップ 2 0 3 に移行する。

【 0 0 7 4 】

なお、ウエハ干渉計 3 1 X 1, 3 1 X 2, 3 1 Y によって基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢 θ を検出不可能となったことを割り込み要因とし、この割り込みが発生した場合にステップ 2 0 3 に移行することにすれば、ステップ 2 0 1 b を省略することができる。

【 0 0 7 5 】

ステップ 2 0 3 においては、主制御装置 2 0 による制御の下で、以下のようにして、各電機子コイル 6 3 のインダクタンスを測定して、基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢 θ を検出する。

【 0 0 7 6 】

まず、主制御装置 2 0 がステージ制御系 1 9 及び電流駆動装置 2 2 を介して、インダクタンス測定器 8 0 の全ての電流駆動回路 I D V (i , j) のスイッチ回路 S W を一時的にオンにし、インダクタンス測定器 8 0 の各インダクタンス測定回路 (i , j) によって測定されたインダクタンス L (i , j) の検出結果 D I (i , j) を収集する。

【 0 0 7 7 】

かかるインダクタンス測定時に、平板状コイル群 6 1 と磁性体部材 5 9 との位置関係が図 1 1 に示される様であったとする。なお、図 1 1 では、平面視において、磁性体部材 5 9 によって覆われる各電機子コイル 6 3 (i , j) の中空部の部分をハッチで示している。この場合、各電機子コイル 6 3 (i , j) のインダクタンス L (i , j) の測定値は、平面視において磁性体部材 5 9 によって覆われる各電機子コイル 6 3 (i , j) の中空部の部分の面積に比例しており、図 1 2 に示されるようになる。なお、図 1 2 では、平面視で中空部の全てが磁性体部材 5 9 で覆われる電機子コイルのインダクタンスを 1 として、各電機子コイル 6 3 (i , j) のインダクタンス L (i , j) の測定値を示している。

【 0 0 7 8 】

次に、主制御装置 2 0 は、収集した各電機子コイル 6 3 (i , j) のインダクタンス L (i , j) の測定結果、並びに既知の磁性体部材 5 9 の外形、各電機子

コイル 6 3 (i , j) の中空部の外形及び配列に基づいて、磁性体部材 5 9 すなわち基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢 θ を検出する。かかる検出にあたっては、解析的に基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢 θ を算出してもよいし、また、予め各電機子コイル 6 3 (i , j) のインダクタンス L (i , j) の測定結果のパターンと基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢 θ との関係を求め、その関係をテーブル化しておき、そのテーブルを参照することにしてもよい。

【 0 0 7 9 】

次いで、図 1 0 に戻り、ステップ 2 0 5 において、主制御装置 2 0 が、ステップ 2 0 3 で検出された姿勢 θ の検出値から、ウエハ干渉計 3 1 X 1 , 3 1 X 2 , 3 1 Y にとって、基板テーブル 1 8 の姿勢 θ は基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢 θ を検出可能な範囲内であるか否かを判断する。すなわち、ウエハ干渉計 3 1 X 1 , 3 1 X 2 , 3 1 Y によって、基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢 θ が検出できなくなった原因は、平面モータ 5 0 の誤動作や外乱等により基板テーブル 1 8 の姿勢 θ が大きく変動したことにあるのか、又はウエハ干渉計 3 1 X 1 , 3 1 X 2 , 3 1 Y が故障したのかを判断する。

【 0 0 8 0 】

ステップ 2 0 5 における判断が否定的な場合には、主制御装置 2 0 は、ウエハ干渉計 3 1 X 1 , 3 1 X 2 , 3 1 Y によって、基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢 θ が検出できなくなった原因が、平面モータ 5 0 の誤動作や外乱等により基板テーブル 1 8 の姿勢 θ が大きく変動したことにあると判断する。そして、ステップ 2 0 7 に移行し、主制御装置 2 0 が、基板テーブル 1 8 の姿勢 θ を、ウエハ干渉計 3 1 X 1 , 3 1 X 2 , 3 1 Y にとって、基板テーブル 1 8 の姿勢 θ は基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢 θ を検出可能な範囲内へ復帰させる位置制御を行う。この位置制御は、主制御装置 2 0 が、上述のステップ 2 0 3 で行ったインダクタンス測定による基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢 θ の検出を行いつつ、ステージ制御系 1 9 及び電流駆動装置 2 2 を介して、重心位置を固定しつつ、基板テーブル 1 8 を Z 軸の回りに回転駆動することにより行う。

【 0 0 8 1 】

こうして、基板テーブル 1 8 の姿勢 θ が、ウエハ干渉計 3 1 X 1 , 3 1 X 2 ,

3 1 Y によって基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢 θ を検出可能な範囲内へ復帰すると、引き続きステップ 2 0 1 a に処理が移り、以後、上述のようにして、主制御装置 2 0 がステージ制御系 1 9 及び電流駆動装置 2 2 を介して、ウエハ干渉計 3 1 X 1, 3 1 X 2, 3 1 Y によって検出された基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢 θ に基づいて、基板テーブル 1 8 の位置制御を行う。なお、姿勢復帰後における基板テーブル 1 8 の位置制御としては、従前のウエハ干渉計 3 1 X 1, 3 1 X 2, 3 1 Y の検出結果に基づく位置制御の中断時の状態に応じて、従前の位置制御の継続とすることもできるし、また、基板テーブル 1 8 の初期位置への移動とすることもできる。

【 0 0 8 2 】

一方、ステップ 2 0 5 における判断が肯定的な場合には、主制御装置 2 0 は、ウエハ干渉計 3 1 X 1, 3 1 X 2, 3 1 Y によって、基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢 θ が検出できなくなった原因は、ウエハ干渉計 3 1 X 1, 3 1 X 2, 3 1 Y が故障したことにありと判断する。そして、ステップ 2 0 9 に移行し、以後露光動作を終了するまで、主制御装置 2 0 が、インダクタンスを測定による基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢 θ の検出を行いつつ、ステージ制御系 1 9 及び電流駆動装置 2 2 を介して、基板テーブル 1 8 の位置制御を行う。

【 0 0 8 3 】

以上のようにして、基板テーブル 1 8 すなわちウエハ W の位置制御を行いつつ実行される本実施形態の露光装置 1 0 0 における露光動作の流れについて簡単に説明する。

【 0 0 8 4 】

まず、不図示のレチクルローダにより、転写したいパターンが形成されたレチクル R がレチクルステージ R S T にロードされる。同様に、不図示のウエハローダにより、露光したいウエハ W が基板テーブル 1 8 にロードされる。

【 0 0 8 5 】

このとき、基板テーブル 1 8 は、所定のウエハローディングポジションにて、ベース状に浮上支持されており、かつそのローディングポジションに所定時間停止状態を維持するように主制御装置 2 0 により、ステージ制御系 1 9 を介してサ

ーボ制御されている。従って、このローディングポジションでの待期時には、平面モータ 5 0 の固定子 6 0 を構成する電機子コイル 6 3 に電流が供給されており、この電機子コイル 6 3 における発熱による温度上昇を防止すべく、主制御装置 2 0 では冷却機等を用いて電機子コイル 6 3 の冷却を行っている。

【 0 0 8 6 】

次に、主制御装置 2 0 により、不図示のレチクル顕微鏡、基板テーブル 1 8 上の不図示の基準マーク板、不図示のアラインメント検出系を用いてレチクルアラインメント、ベースライン計測等の準備作業が所定の手順に従って行われた後、アラインメント検出系を用いて、統計的な手法を用いて行われる E G A（エンハンスト・グローバル・アラインメント）等のアラインメント計測が実行される。なお、E G A 計測の詳細は、例えば特開昭 6 1 - 4 4 4 2 9 号公報に記載されている。

【 0 0 8 7 】

アライメント計測の終了後、以下のようにしてステップ・アンド・スキャン方式の露光動作が行われる。

【 0 0 8 8 】

この露光動作にあたって、まず、ウエハ W の X Y 位置が、ウエハ W 上の最初のショット領域（ファースト・ショット）の露光のための走査開始位置となるように、基板テーブル 1 8 が移動される。この移動は、主制御装置 2 0 によりステージ制御系 1 9 を介して、平面モータ 5 0 を構成する各電機子コイル 6 3 の電流を前述のように制御することにより行われる。同時に、レチクル R の X Y 位置が、走査開始位置となるように、レチクルステージ R S T が移動される。この移動は、主制御装置 2 0 によりステージ制御系 1 9 及び不図示のレチクル駆動部等を介して行われる。

【 0 0 8 9 】

そして、ステージ制御系 1 9 が、レチクル干渉計 1 6 によって計測されたレチクル R の X Y 位置情報、前述のようにして計測されたウエハ W の X Y 位置情報に基づき、不図示のレチクル駆動部及び平面モータ 5 0 を介してレチクル R とウエハ W とを同期移動させる。かかる同期移動中においては、図 1 3 に示されるよう

に、レチクルRの走査方向（Y軸方向）に対して垂直な方向に長手方向を有する長方形（スリット状）の照明領域IARでレチクルRが照明され、レチクルRは露光時に-Y方向に速度 V_R で走査（スキヤン）される、照明領域IAR（中心は光軸AXとほぼ一致）は投影光学系PLを介してウエハW上に投影され、照明領域IARに共役なスリット状の投影領域、すなわち露光領域IAが形成される。ウエハWはレチクルRとは倒立結像関係にあたるため、ウエハWは速度 V_R の方向とは反対方向（+Y方向）にレチクルRに同期して速度 V_W で走査され、ウエハW上のショット領域SAの全面が露光可能となっている。走査速度の比 V_W/V_R は正確に投影光学系PLの縮小倍率に応じたものとなっており、レチクルRのパターン領域PAのパターンがウエハW上のショット領域SA上に正確に縮小転写される。なお、照明領域IARの長手方向の幅は、レチクルR上のパターン領域PAよりも広く、遮光領域STの最大幅よりも狭くなるように設定され、レチクルRを走査（スキヤン）することによりパターン領域PA全面が照明されるようになっている。

【0090】

以上のように制御されながら行われる走査露光により、一つのショット領域に対するレチクルパターンの転写が終了すると、基板テーブル18がステッピングされて、次のショット領域に対する走査露光が行われる。このようにして、ステッピングと走査露光とが順次繰り返され、ウエハW上に必要なショット数のパターンが転写される。

【0091】

したがって、本実施形態の露光装置100によれば、基板テーブル18のXY位置及び姿勢 θ を常に検出することができるので、基板テーブル18の姿勢 θ に拘わらず基板テーブル18の位置制御を継続的に行うことができる。このため、露光のスループットを向上することができる。

【0092】

上記の本実施形態の装置100は、多数の機械部品からなるレチクルステージRST、複数のレンズから構成される投影光学系PL等を組み立てるとともに、ベース21に対して、ベース21を除く他のステージ装置30を組み立てた後に

、総合調整（電気調整、光学調整、動作確認等）をすることにより製造することができる。

【0093】

なお、露光装置100の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0094】

なお、本実施形態では、磁極ユニット52を、基板テーブルの移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の永久磁石52N、52S、53N、54N、54Sと、該複数の磁石を支持する平板状の磁性体部材59とから構成したが、磁極ユニットは、図14に示されるような、基板テーブルの移動面と直交する方向とは異なる方向に磁化された複数の永久磁石群52AN、52AS、53AN、54AN、54AS、及び永久磁石55、56とを組み合わせる構成した磁極ユニット51Aとすることも可能である。なお、図14（A）は磁極ユニット51Aの平面視図であり、図14（B）は磁極ユニット51Aを紙面下方から見た側面視図であり、また、図14（C）は図14（A）におけるA-A断面図である。

【0095】

図3と図14とを比較して分かるように、磁極ユニット51Aは、磁極ユニット51における永久磁石52N、52S、53N、54N、54Sをそれぞれ永久磁石群52AN、52AS、53AN、54AN、54ASに置き換えるとともに、永久磁石群同士を永久磁石55、56を介して接続し、更に磁性体部材59を省略したものである。こうして構成された磁極ユニット51Aは、磁極ユニット51と同様の磁束密度分布を発生させる。したがって、磁極ユニット51の場合と同様に各電機子コイルに供給する電流を制御することにより、磁極ユニット51の場合と同様に基板テーブル18を駆動することができる。

【0096】

磁極ユニット51Aを使用した場合にも、電機子コイル63のインダクタンスは、磁極ユニット51Aと電機子コイル63との位置関係に応じて変化する。すなわち、磁極ユニット51Aを構成する永久磁石の透磁率は空気の透磁率とは異なるので、平面視で磁極ユニット51Aが覆う電機子コイル63の中空部の部分

の面積に応じて電機子コイル 63 のインダクタンスが変化する。したがって、例えば図 15 に示されるような、磁極ユニット 51 A と平板状コイル群 61 との位置関係の場合、図 15 においてクロスハッチで示される、各電機子コイル 63 の中空部の面積に応じたインダクタンスが測定される。そして、測定された各電機子コイル 63 のインダクタンス、並びに既知の磁極ユニット 51 A の外形、各電機子コイル 63 の中空部の外形及び配列に基づいて、磁極ユニット 51 A すなわち基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢 θ を検出することができる。

【0097】

また、上記の実施形態では、電機子コイル 63 の支持部材として磁性体部材 62 を使用したが、非磁性体部材によって電機子コイル 63 を支持することも可能である。かかる場合にも、上記の実施形態と同様に、各電機子コイル 63 のインダクタンスの計測結果に基づいて、基板テーブルの X Y 位置及び姿勢 θ を検出することができる。

【0098】

また、上記の実施形態では、可動子の固定子からの浮上にエアガイド機構を用いたが磁気浮上機構を採用することも可能である。さらに、磁極ユニットにおいて、永久磁石に代えて永久磁石と同等な電磁石を使用することも可能である。

【0099】

また、磁極ユニットにおける磁石の形状及び配列、並びに電機子ユニットにおける電機子コイルの形状及び配列は上記の実施形態または変形例に限定されるものではなく、採用する電磁力による駆動を行う形態に応じて決定すればよい。

【0100】

さらに、上記実施形態では電機子コイルの冷却用に冷却液を使用した。冷媒となる流体であれば気体冷媒を使用することが可能である。

【0101】

また、固定子上に配設される可動子としての磁極ユニット 51 は 1 つに限られるものではなく、固定子 60 上に 2 つの磁極ユニット 51 を配設し、それらを独立に駆動することにより、一方の磁極ユニット 51 を用いてウエハの露光を行いながら、他方の磁極ユニット 51 を用いてウエハ W の受け渡しを行うことにして

もよい。

【0102】

また、本発明は、紫外線を光源にする縮小投影露光装置、波長10nm前後の軟X線を光源にする縮小投影露光装置、波長1nm前後を光源にするX線露光装置、EB（電子ビーム）やイオンビームによる露光装置などあらゆるウエハ露光装置、液晶露光装置等に適用できる。また、ステップ・アンド・リピート機、ステップ・アンド・スキャン機、ステップ・アンド・ステッチング機を問わない。但し、ウエハ等の周囲環境を真空とする必要のある、波長10nm前後の軟X線を光源にする縮小投影露光装置、波長1nm前後を光源にするX線露光装置、EB（電子ビーム）やイオンビームによる露光装置などで本発明を採用する場合には、可動子の固定子からの浮上機構にエアガイド機構を用いることはできず、磁気浮上機構等を採用することが必要となる。

【0103】

また、本発明のステージ装置は、露光装置における基板ステージ装置への適用に限定されるものではなく、例えば露光装置におけるレチクルステージ装置にも適用が可能であるし、また、露光装置以外であっても試料の位置制御が必要な場合には適用が可能である。なお、本発明のステージ装置を露光装置以外の装置に適用する場合には、求められる位置制御精度次第ではあるが、電機子コイルのインダクタンスの測定結果に基づく位置検出結果のみに基づいて、試料の位置制御を行うことにすることも可能である。

【0104】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明のステージ装置によれば、ステージの姿勢の変動量に拘わらず、平板状コイル群を構成する電機子コイルと磁極ユニットとの位置関係に応じて変化する電機子コイルのインダクタンスをインダクタンス測定器によって測定し、その測定結果から得られるインダクタンス分布に基づいてステージの位置及び姿勢を検出することができるので、その検出結果に基づいてステージの位置制御を行うことができる。

【0105】

また、本発明の露光装置によれば、露光用のエネルギービームの経路に配置される物体、例えば露光対象となる基板を本発明のステージ装置に載置するので、該ステージ装置のステージの姿勢が大きく変動したときでも、ステージの位置及び姿勢を検出することができるので、検出されたステージの位置及び姿勢に基づいてステージの位置制御すなわち物体の位置制御を中断する必要がなくなり、露光動作のスループットを向上することができる。

【0 1 0 6】

また、本発明の露光方法によれば、露光用のエネルギービームの経路に配置される物体、例えば露光対象となる基板について、固定子の構成要素である電機子コイルのインダクタンスの測定結果に基づいて位置制御を行うので、可動子の姿勢が大きく変動した場合でも可動子ひいては物体の位置制御を継続することができ、露光動作のスループットを向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

一実施形態の露光装置の概要構成を示す図である。

【図 2】

図 1 の露光装置のステージ装置周辺の構成を示す斜視図である。

【図 3】

図 3 (A) ～図 3 (C) は、磁極ユニットの構成を説明するための図である。

【図 4】

固定子周辺の構成を示す断面図である。

【図 5】

図 5 (A) 及び図 5 (B) は、平板状コイル群の構成を説明するための図である。

【図 6】

インダクタンス測定器及び電流駆動装置の回路構成を説明するための図である。

【図 7】

図 7 (A) 及び図 7 (B) は、電機子コイルのインダクタンスを説明するため

の図である。

【図 8】

図 8 (A) 及び図 8 (B) は、磁極ユニットが関わる磁気回路を説明するための図である。

【図 9】

図 9 (A) 及び図 9 (B) は、ウエハ干渉計による基板テーブルの位置及び姿勢の検出の可否と、基板テーブルの姿勢との関係を説明するための図である。

【図 1 0】

一実施形態における基板テーブルの位置制御の実行を説明するためのフローチャートである。

【図 1 1】

磁極ユニットと電機子ユニットとの位置関係の例を説明するための図である。

【図 1 2】

電機子コイルのインダクタンスの測定結果の例を示す図である。

【図 1 3】

走査露光の原理を説明するための図である。

【図 1 4】

図 1 4 (A) ～図 1 4 (C) は、磁極ユニットの変形例の構成を示す図である。

【図 1 5】

変形例の磁極ユニットと電機子ユニットとの位置関係の例を説明するための図である。

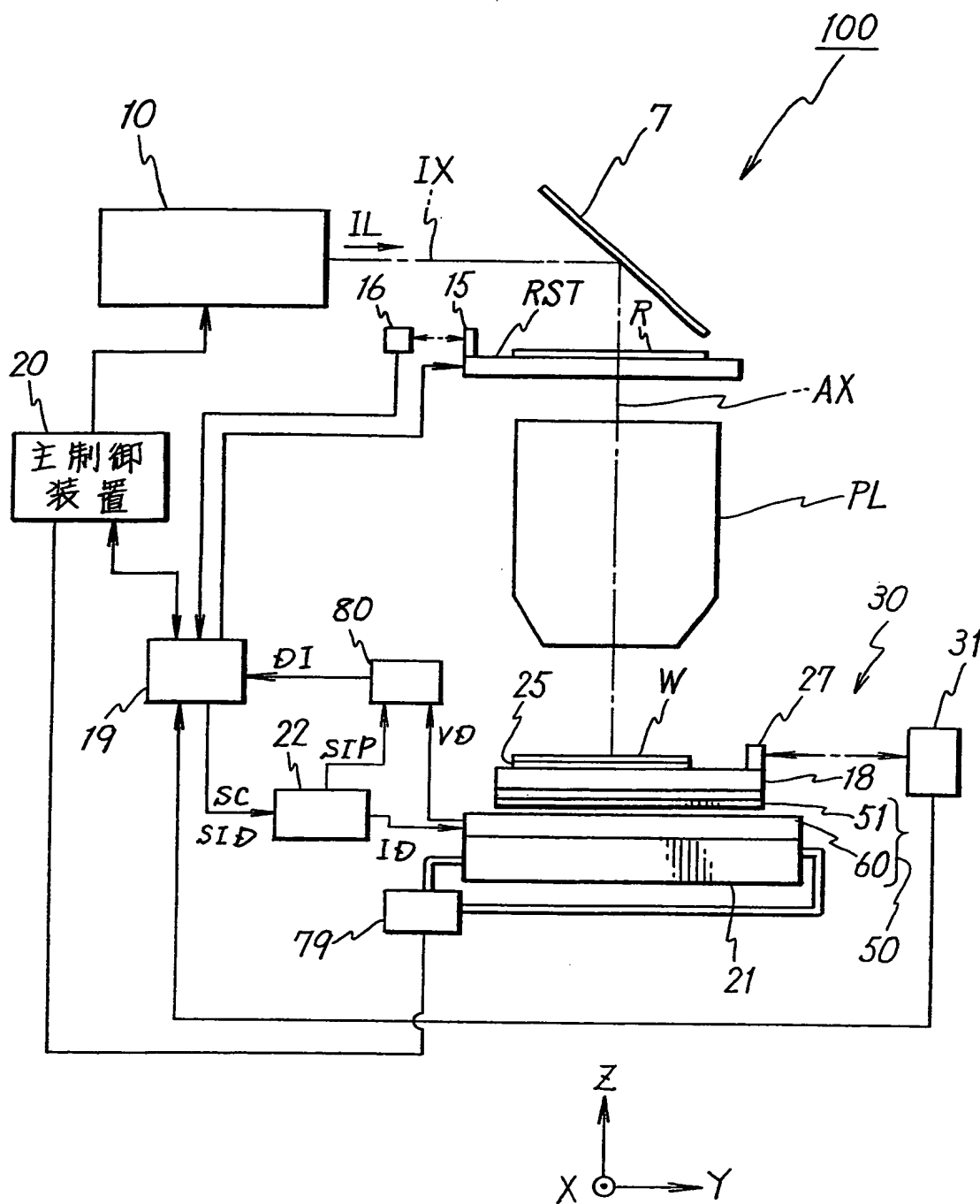
【符号の説明】

1 0 …照明系（ビーム源）、1 8 …基板テーブル（ステージ）、1 9 …ステージ制御系（制御装置の一部）、2 0 …主制御装置（制御装置の一部）、3 1 …ウエハ干渉計（位置検出装置）、5 0 …駆動装置、5 1 …磁極ユニット（可動子）、5 2 N, 5 2 S, 5 3 N, 5 4 N, 5 4 S, 5 5, 5 6 …磁石、5 2 A N, 5 2 A S, 5 3 A N, 5 4 A N, 5 4 A S …磁石群（磁石）、5 9 …磁性体部材（磁石指示部材）、6 0 …固定子、6 2 …磁性体部材（コイル支持部材）、6 3 …

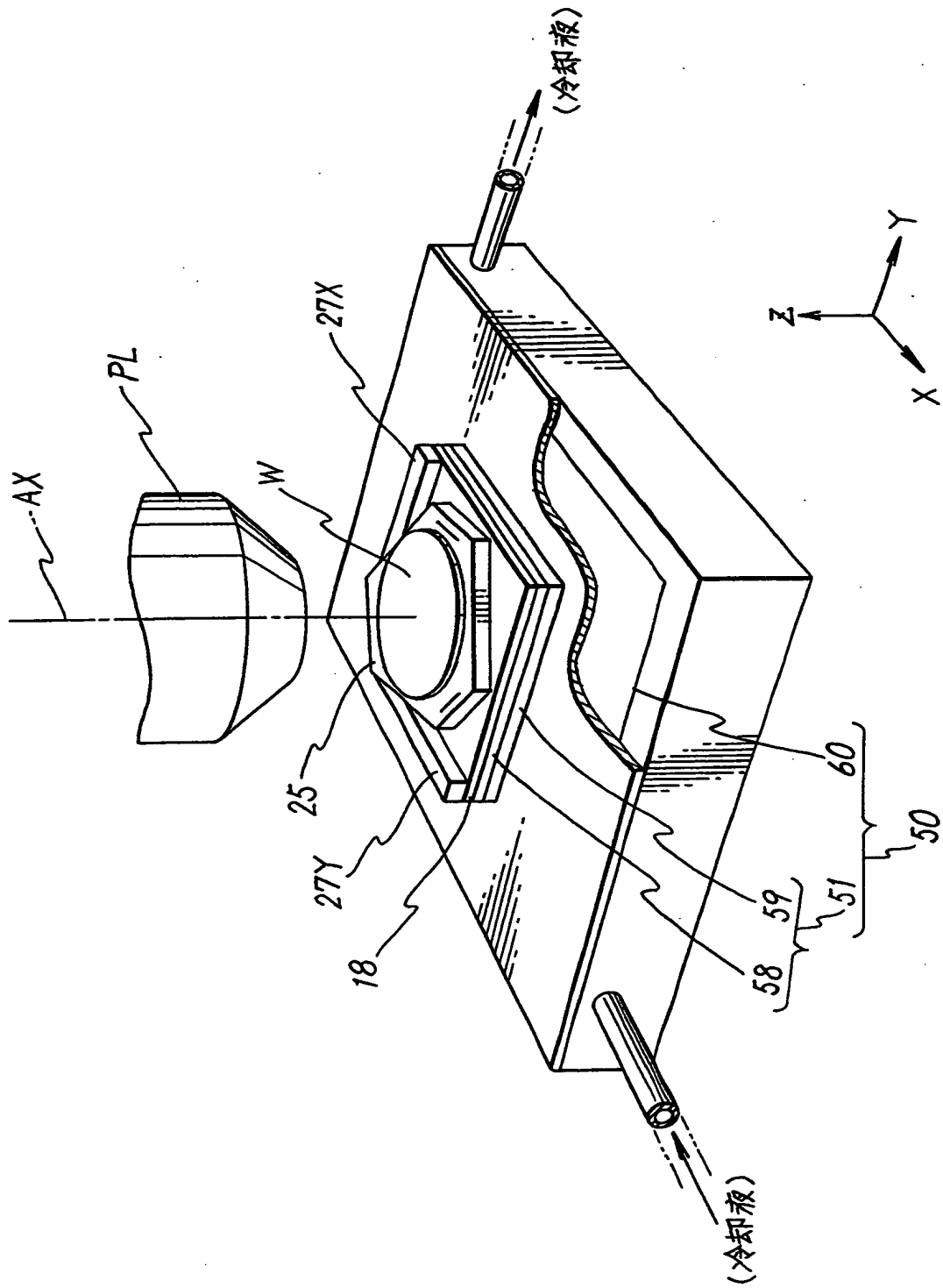
電機子コイル、W…ウエハ（基板、物体）。

【書類名】 図面

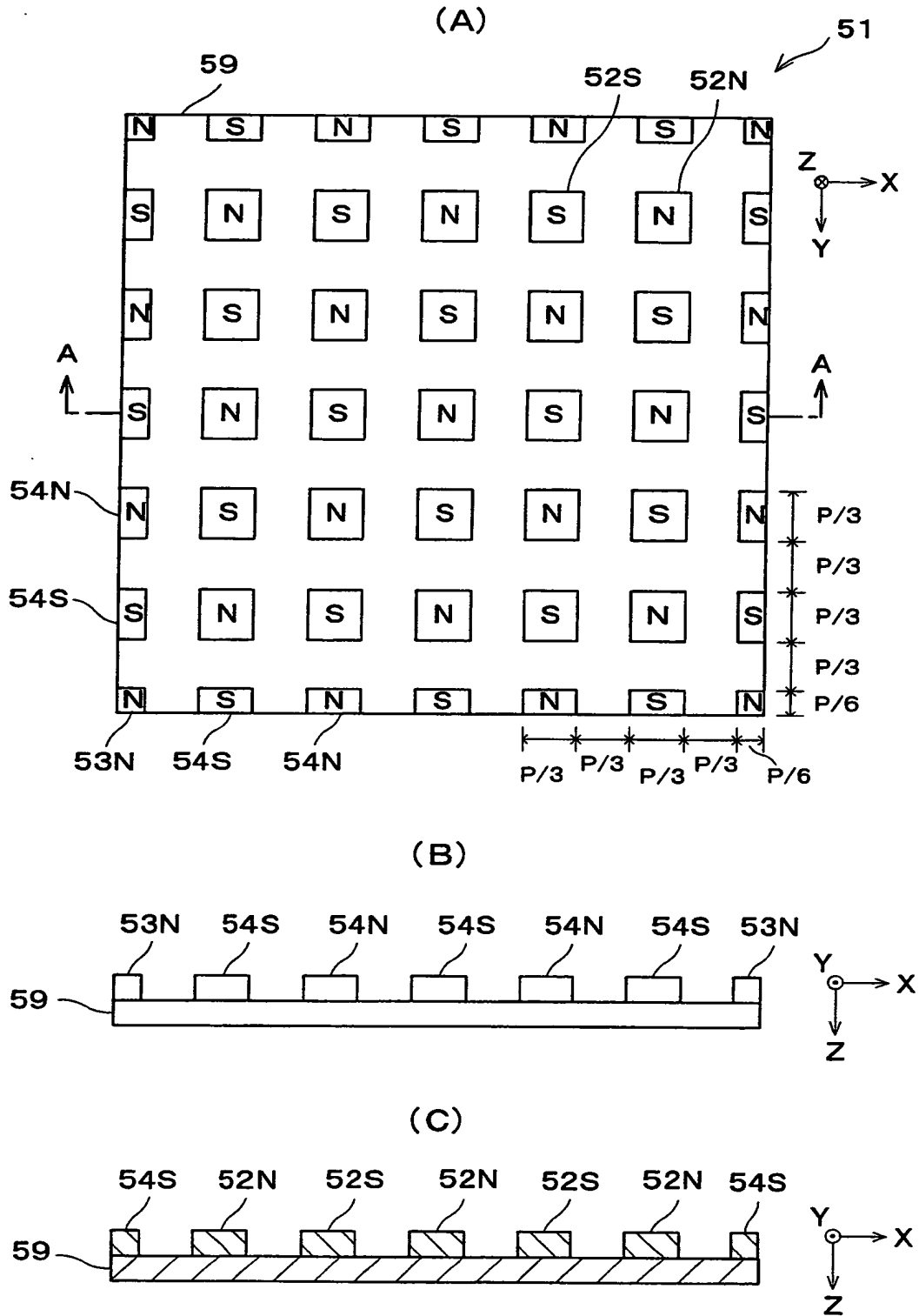
【図 1】



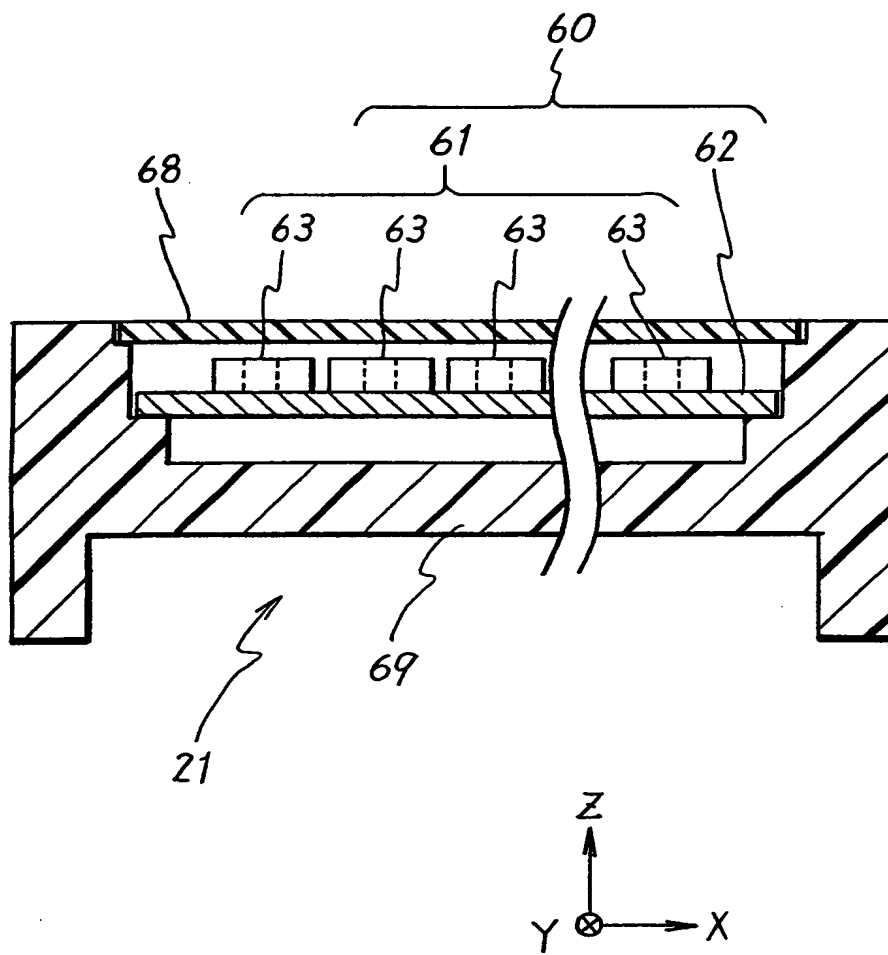
【図 2】



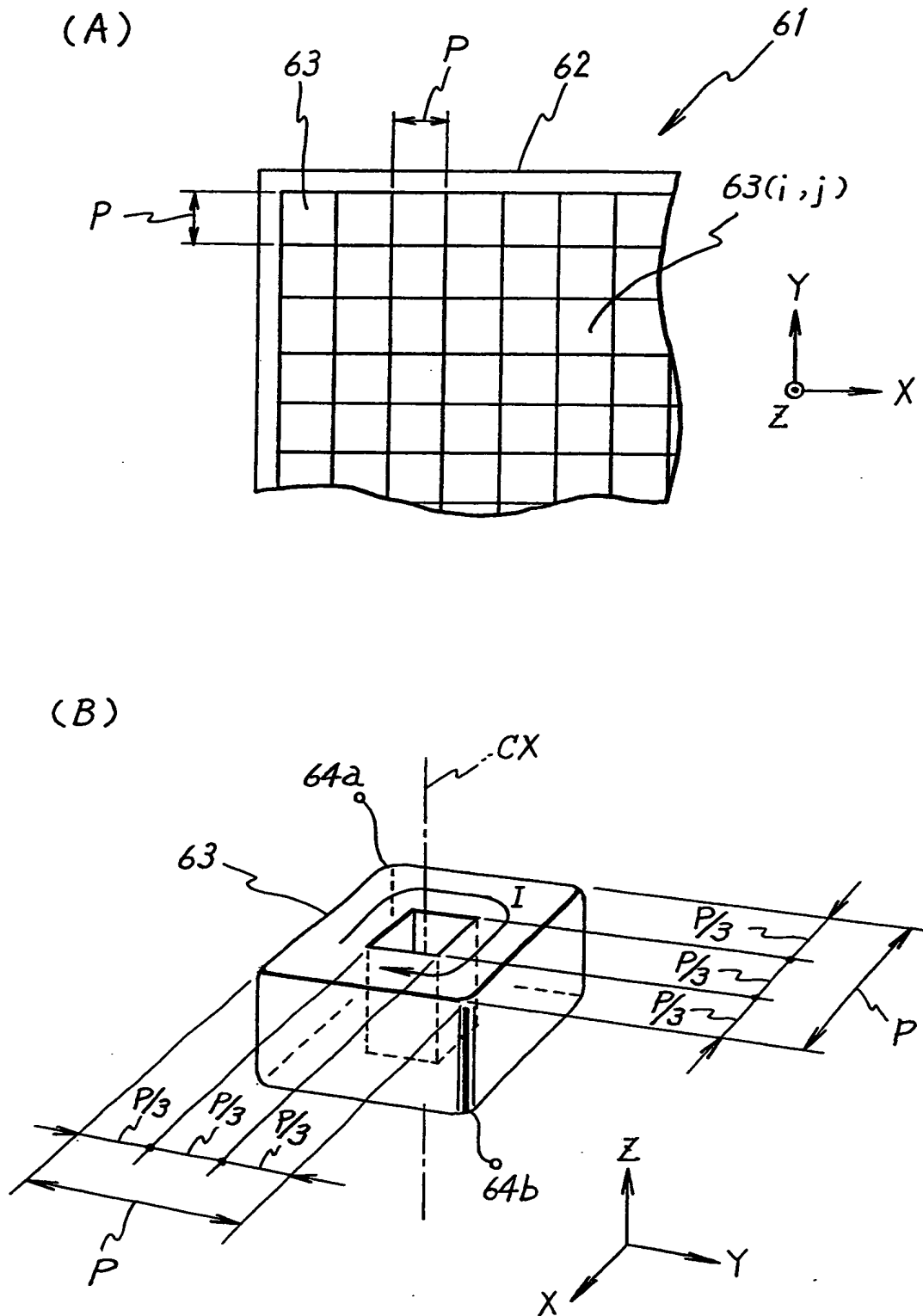
【図 3】



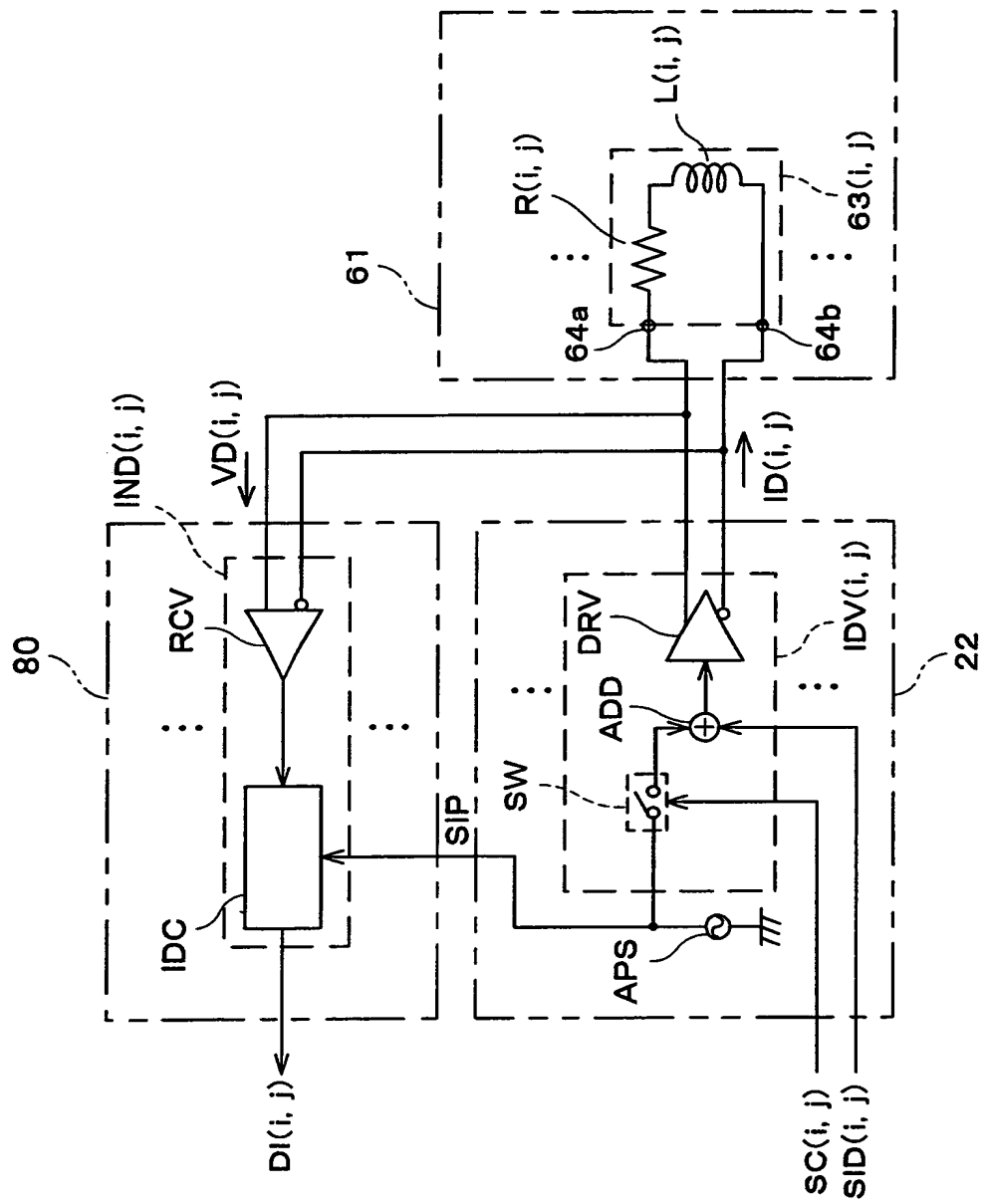
【図 4】



【図 5】

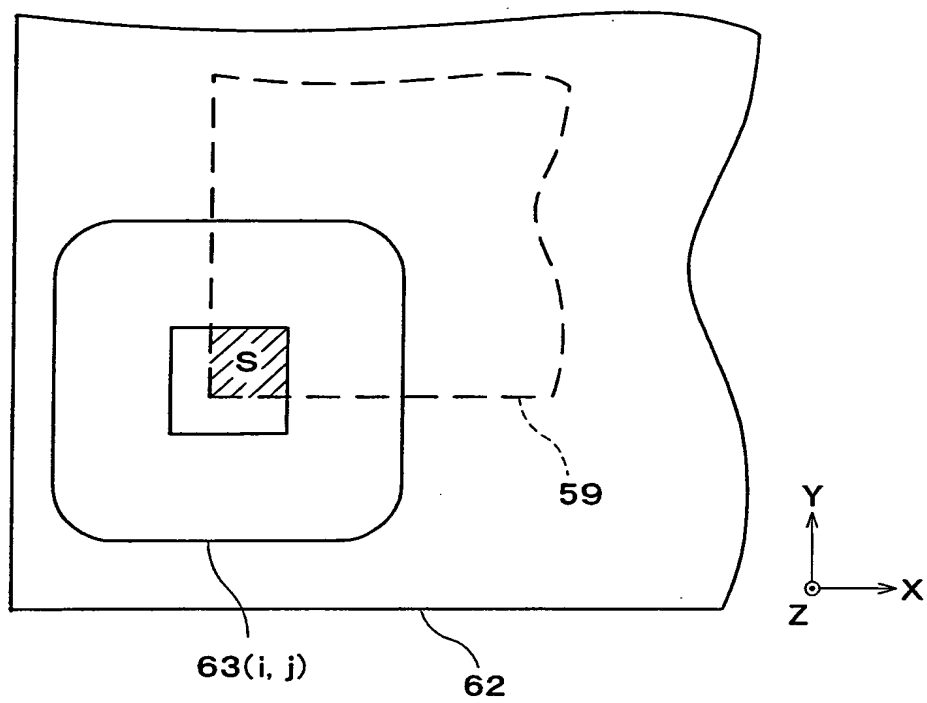


【図 6】

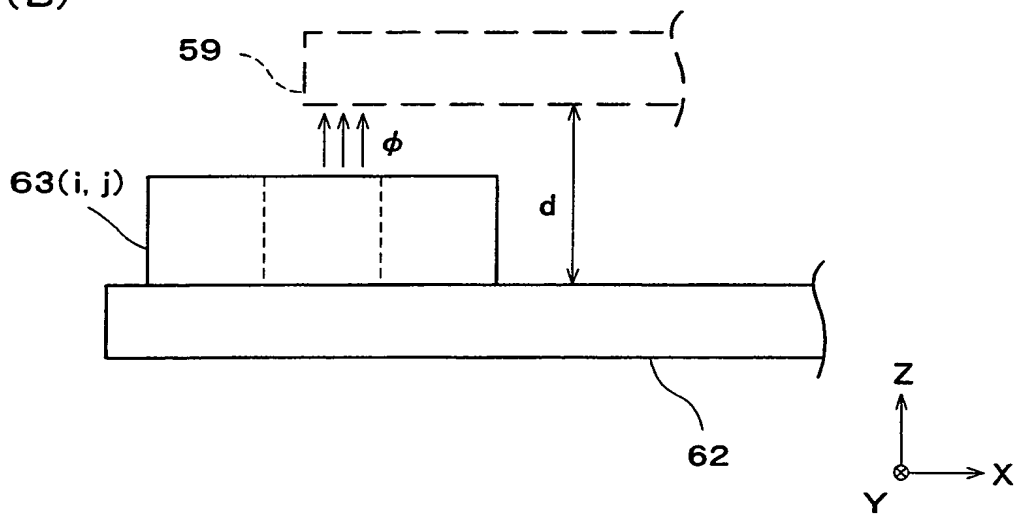


【図 7】

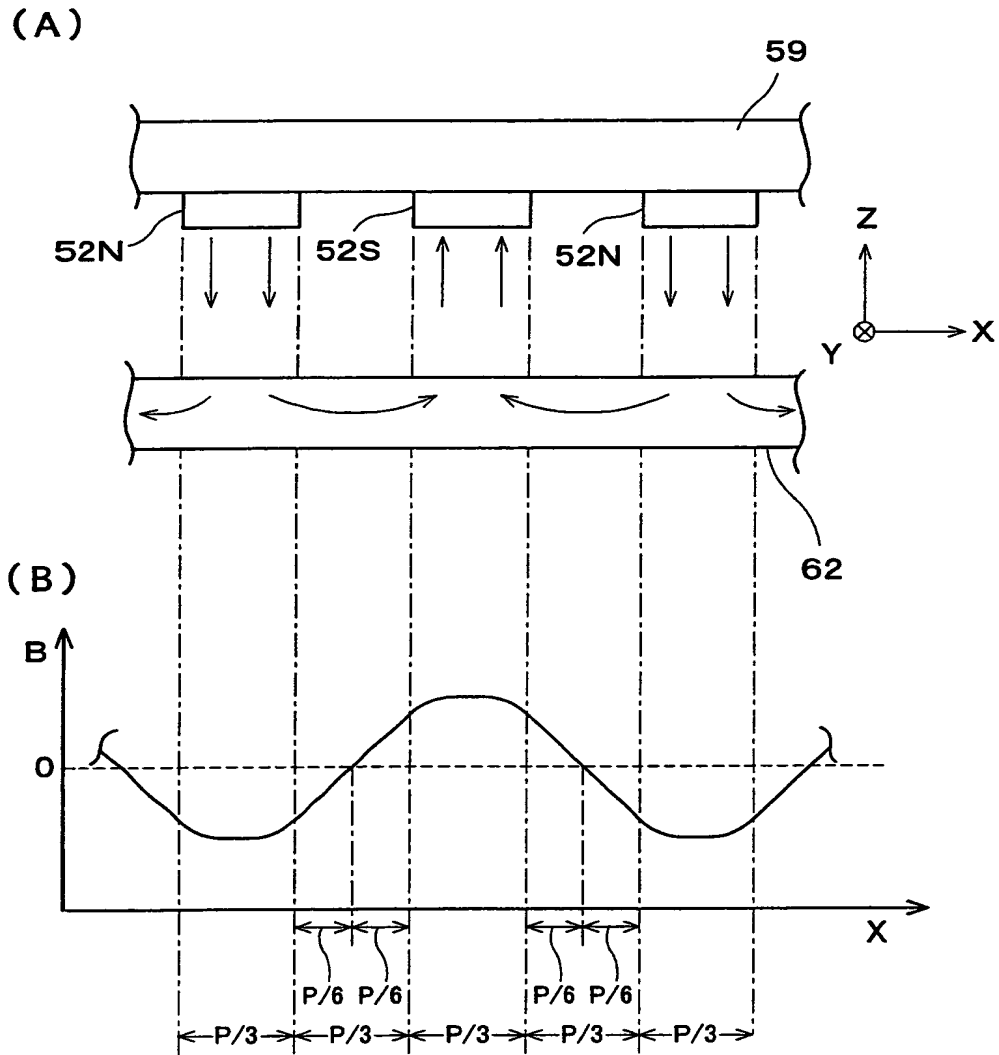
(A)



(B)

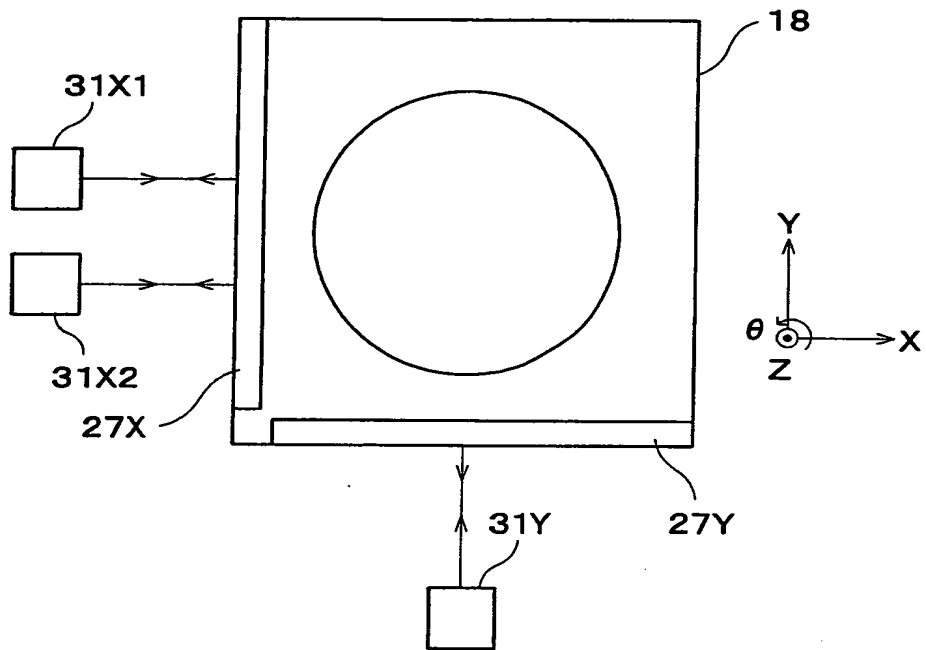


【図 8】

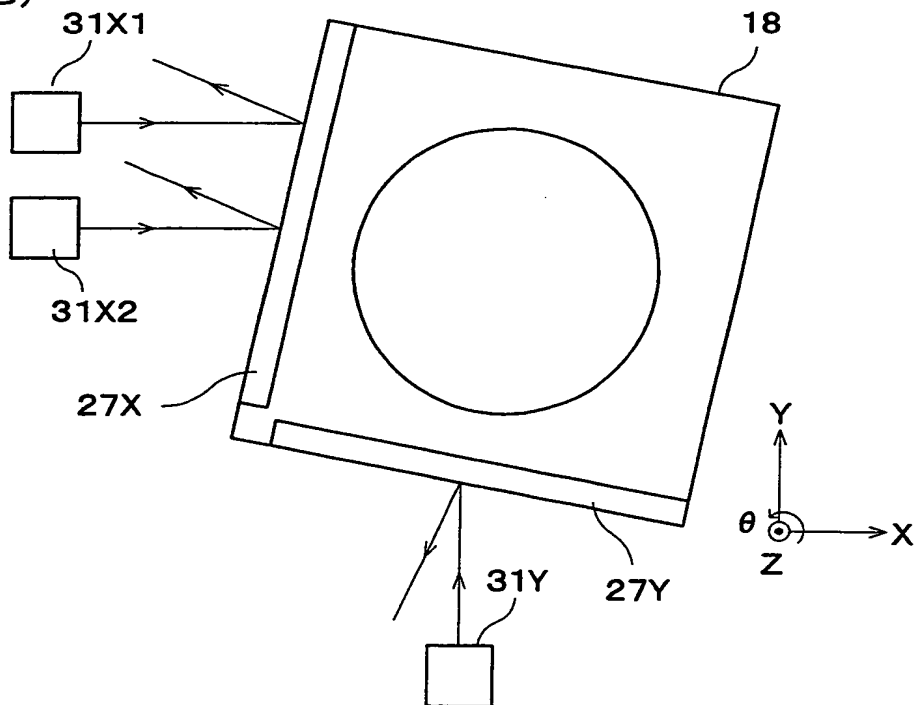


【図9】

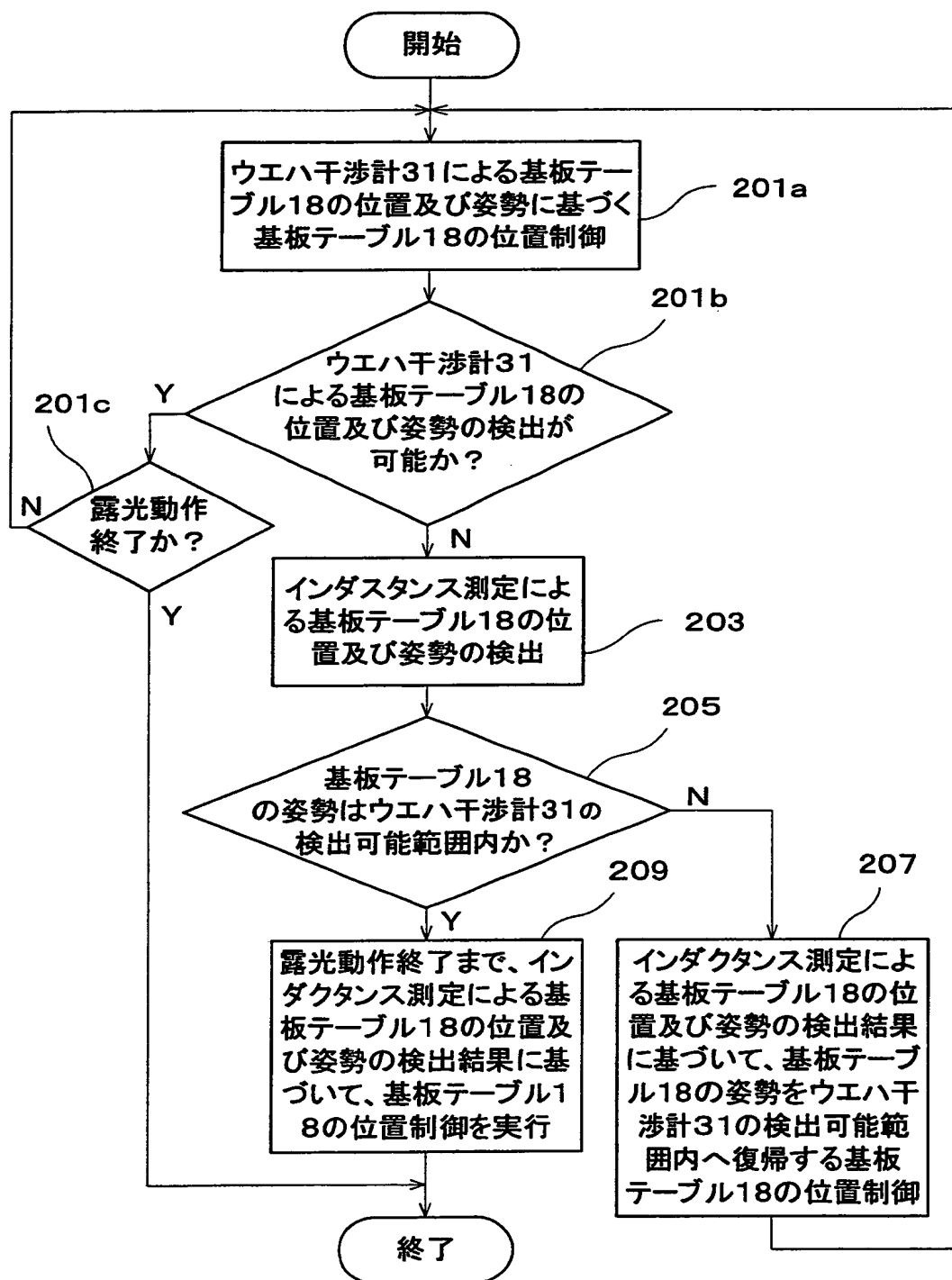
(A)



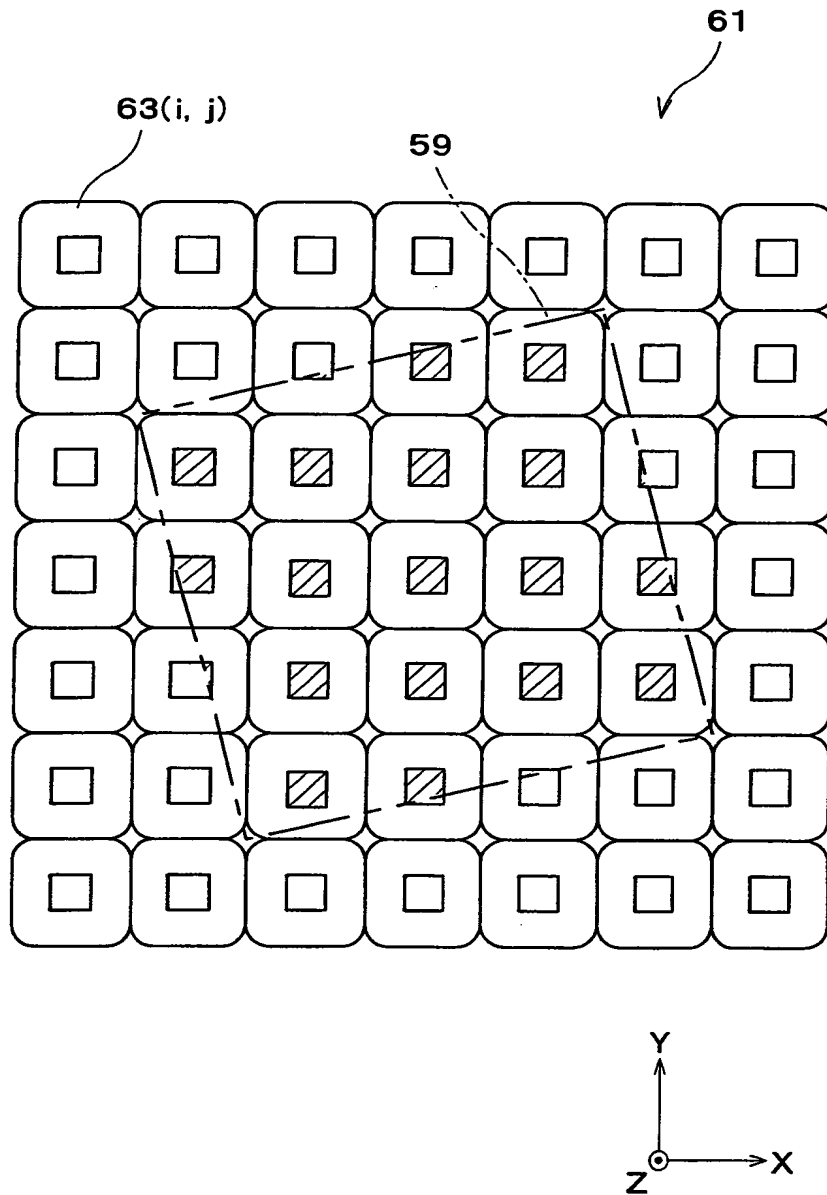
(B)



【図 1 0】



【図 1 1】



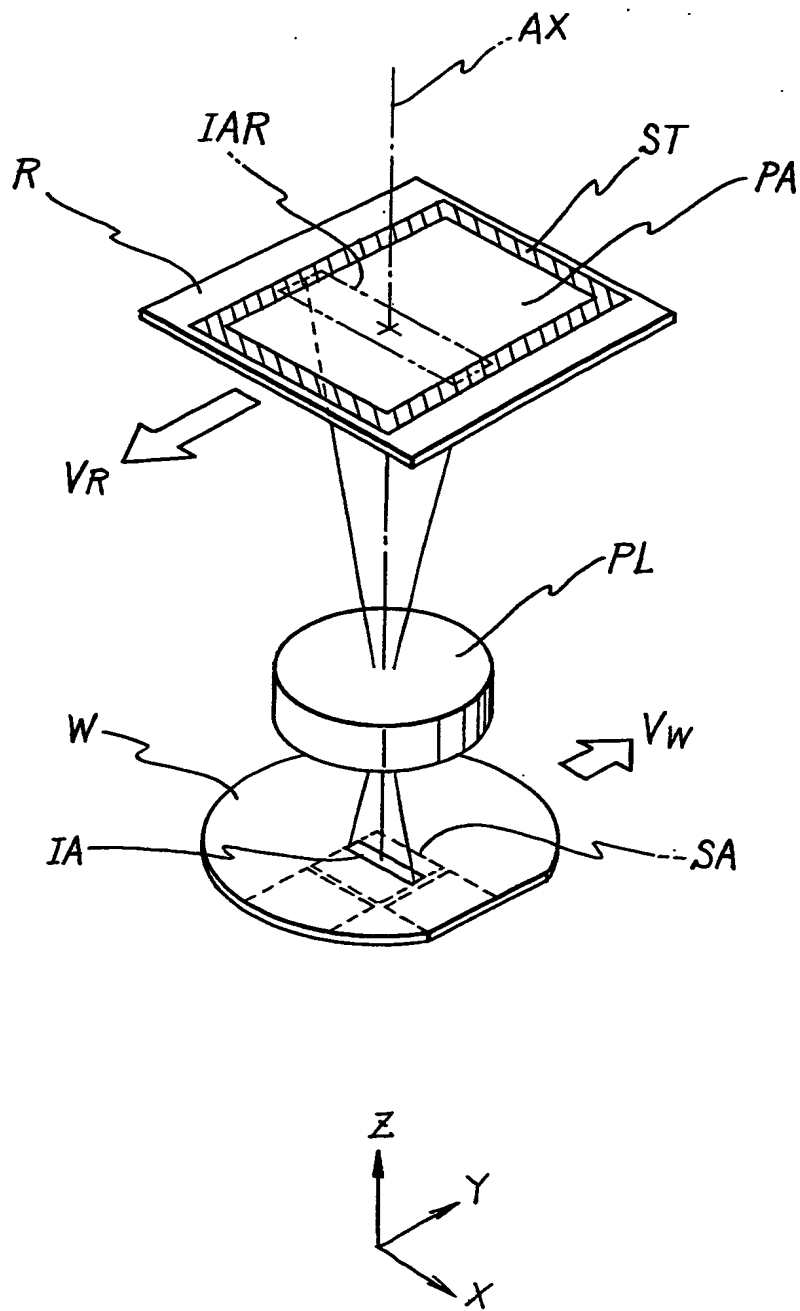
【図 1 2】

61

63(i, j)

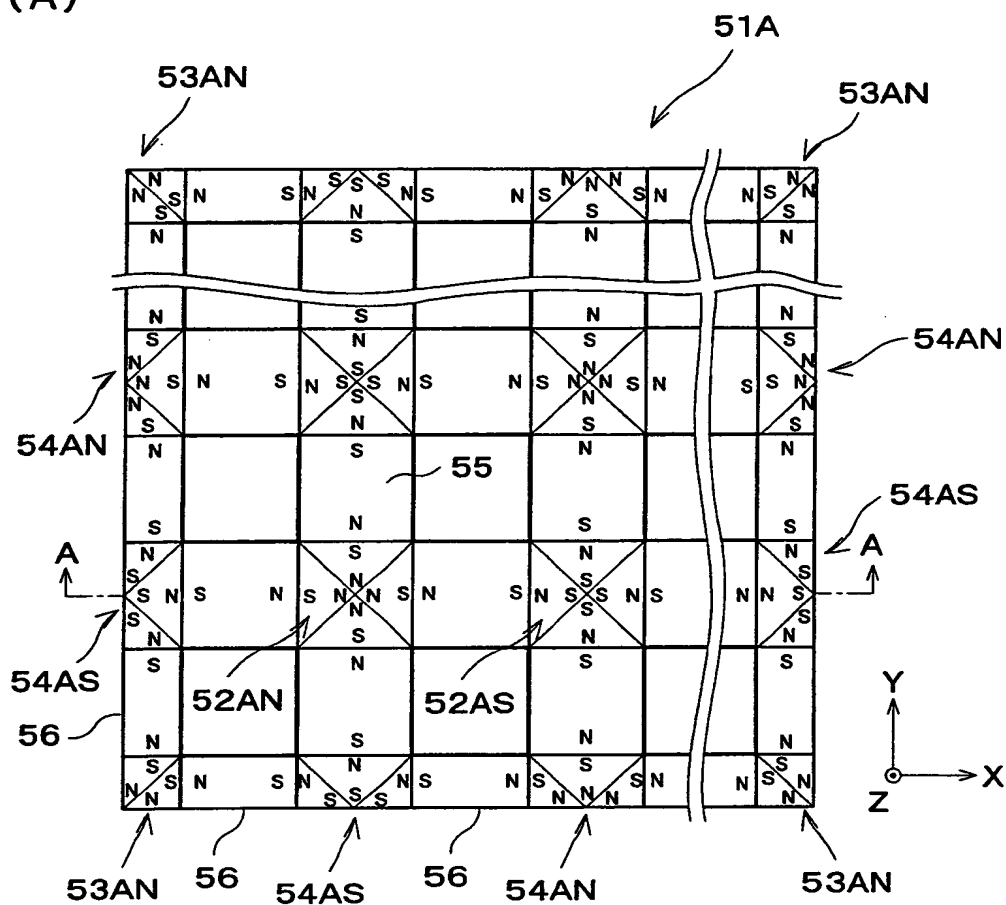
L=0	L=0	L=0	L=0	L=0	L=0	L=0	L=0
L=0	L=0	L=0.1	L=0.9	L=1	L=0	L=0	
L=0	L=1	L=1	L=1	L=1	L=0.1	L=0	
L=0	L=0.9	L=1	L=1	L=1	L=0.9	L=0	
L=0	L=0.1	L=1	L=1	L=1	L=0.1	L=0	
L=0	L=0	L=1	L=0.9	L=0.1	L=0	L=0	
L=0	L=0	L=0	L=0	L=0	L=0	L=0	

【図 13】

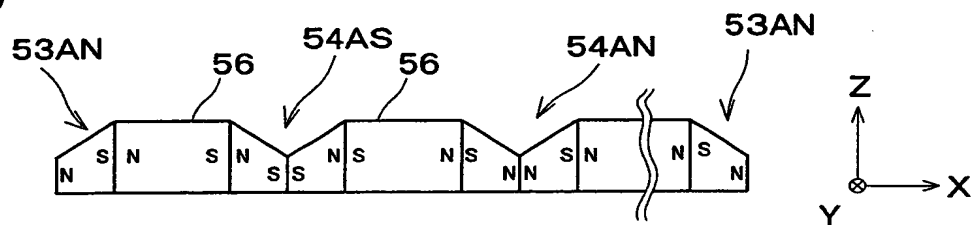


【図 1 4】

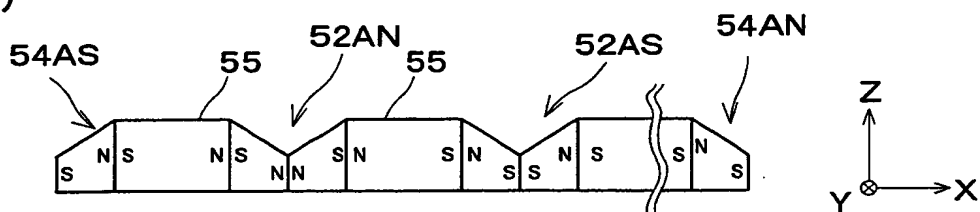
(A)



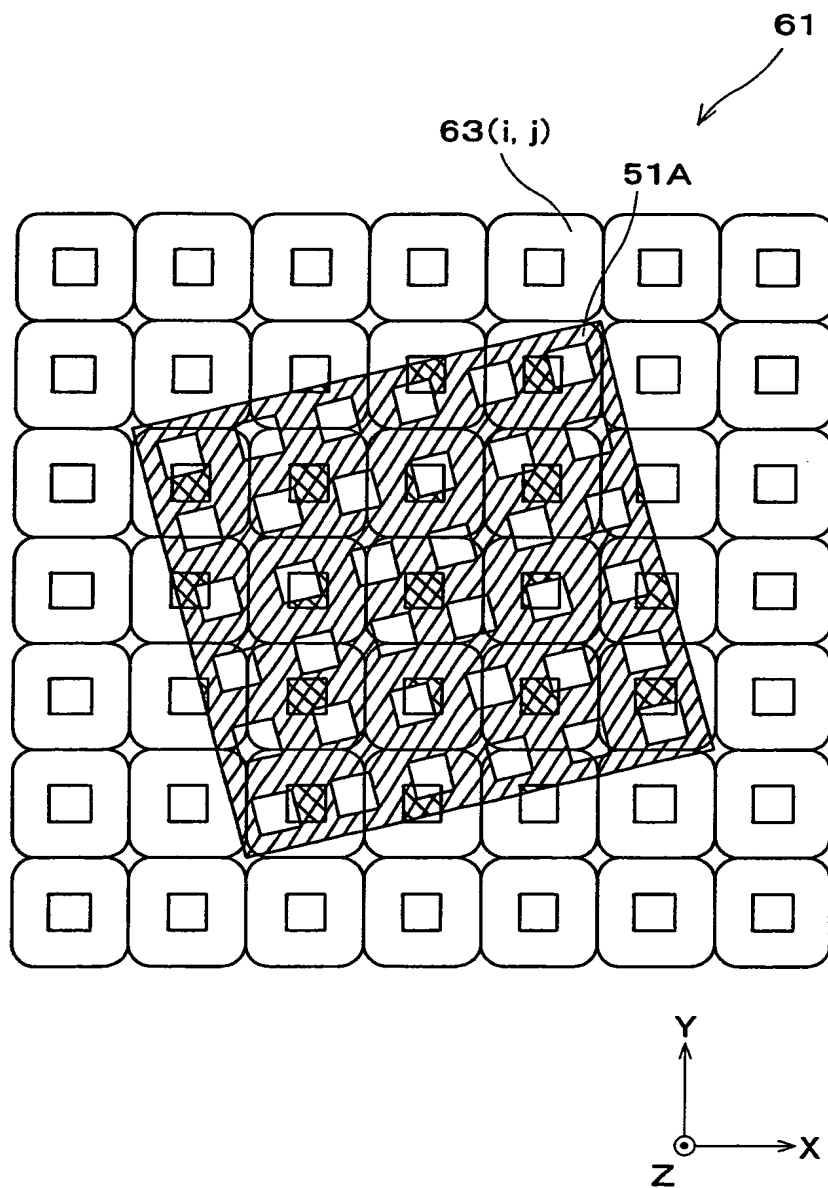
(B)



(C)



【図 1 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 試料を搭載するステージの姿勢に拘わらず、ステージの位置制御を行う。

【解決手段】 磁極ユニット（可動子）5 1 と固定子 6 0 との位置関係に応じて変化する、固定子 6 0 を構成する各電機子コイルのインダクタンスを、インダクタンス測定器を使用して測定することによって、ステージ 1 8 の 2 次元位置及び姿勢を検出する。この検出結果に基づいてステージ 1 8 の位置制御を行う。この結果、ステージ 1 8 の姿勢に拘わらず、ステージ 1 8 の位置制御を行うことが可能となる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第026840号
受付番号	59900093045
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成11年 2月13日

<認定情報・付加情報>
【提出日】

平成11年 2月 4日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名 株式会社ニコン



7

8

9

10